# أساسيات خصوبة الأراضى والتسميد

دكتـــور

**السيد أحمد الخطيب**

***Ph. D. University of W. Virginia (USA)***

أستاذ علوم الأراضى والمياه - كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

والحائز على

جائزة الدولة التشجيعية فى العلوم الزراعية عام ١٩٩٣

ونوط الأمتياز من الطبقة الأولى

2007

بسم الله الرحمن الرحيم

الرحمن (١) علم القرآن (٢) خلق الإنسان (٣) علمه البيان (٤) الشمس والقمر بحسبان (٥) والنجم والشجر يسجدان (٦) والسماء رفعها ووضع الميزان (٧) ألا تطغوا في الميزان (٨) وأقيموا الوزن بالقسط ولا تخسروا الميزان (٩) والأرض وضعها للأنام (١٠) فيها فاكهة والنخل ذات الأكمام (١١) والحب ذو العصف والريحان (١٢) فبأي آلاء ربكما تكذبان (١٣) .

الرحمن (١-١٣)

صدق الله العظيم

# مقدمة

تعتبر التربة هى أحد الموارد الأساسية الطبيعية للبشرية واستغلال الإنسان لهذا المورد الهام عبر التاريخ هو الذى سمح بتطور المجتمعات البشرية وظهور الحضارات التى عرفها التاريخ البشرى على مر العصور. ويبين تاريخ الشعوب أن تدهور الأراضى وسوء إدارتها يكون مصاحبا لتدهور الحضارة وانحدارها فازدهار حضارة الأنسان ورفاهيته يقترن دائما بخصوبة التربة. كما أن الحفاظ على خصوبة التربة هو أمر ضرورى لتقدم ورقى الشعوب وخاصة فى الزمن الحالى الذى تزداد فيه حاجة الإنسان إلى الغذاءنتيجه للزيادة الرهيبة والمطردة فى أعداد السكان.

لذلك فإن دراسة خصوبة التربة ومقوماتها وطرق الحفاظ عليها هو أمر ضرورى لبقاء الحياه والتقدم الذى يتطلع إليه الإنسان.

ولقد تم بتوفيق من الله إعداد هذا الكتاب ليكون مرجعا شاملا لأساسيات خصوبة التربة والتسميد. ويشتمل الكتاب على سبعة عشر فصلا ويتناول الفصل الأول نبذة عامة عن مكونات التربة ومراكز النشاط بها. ويتعرض الفصل الثانى للتركيب المعدنى والكيميائى للأراضى والسعة التبادلية الكاتيونية لمعادن التربة الهامة.

ويسرد الفصل الثالث الخواص الكيميائية لغرويات التربة حيث أن التفاعلات الكيميائية العديدة التى تحدث على سطوح الغرويات هى التى تحدد الخواص الكيميائية للتربة. ويتعلق الفصل الرابع بالمحلول الأرضى من حيث تركيبه وخواصه باعتبار أن المحلول الأرضى هو المصدر الرئيسى والمباشر للعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات. ويتعرض الفصل الخامس لمادة التربة العضوية حيث تلعب المادة العضوية دورا كبيرا فى تحسين خصوبة التربة ويسرد كل من الفصل السادس والسابع والثامن والتاسع والعاشر والحادى عشر العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات سواء كانت عناصر كبرى وصغرى إلى ثانوية كما تسرد الفصول أنواع الأسمدة الخاصة بكل عنصر غذائى واستجابة المحاصيل للمصادر المختلفة من الأسمدة.

ونظرا لأن إضافة الأسمدة يتطلب معرفة موقف العناصر الغذائية فى التربة فلقد أفردنا الفصل الثانى عشر لشرح الطرق المستخدمة لتقويم خصوبة التربة. كما أفردنا أيضا الفصل الثالث عشر للحديث عن الأسمدة العضوية لما لها من أثر كبير

فى تحسين خصوبة التربة. ويجد القارئ فى الفصل الرابع عشر محتوى النبات من العناصر وميكانيكية امتصاصها واستجابة النبات للتسميد وتوضيح للعلاقات الرياضية بين السماد المضاف والمحصول الناتج. وحيث أن الأستخدام الأمثل للسماد يعتمد على العديد من العوامل فلقد تعرضت فى الفصل الخامس عشر إلى تكنولوجيا التسميد مع التركيز على التسميد فى وجود الضغوط المختلفة. ويعالج الفصل السادس عشر أثر التسميد على البيئة مع ذكر الممارسات التى يجب اتباعها لحماية البيئة من التلوث نتيجة الأفراط فى استخدام الأسمدة. ولما كانت المحاصيل ذات القيمة الغذائية العالية ضرورية لصحة الإنسان والحيوان فلقد ناقشنا فى الفصل السابع عشر علاقة التسميد بجودة الغذاء وصحة الإنسان.

وبوجة عام فإن فصول الكتاب فى مجموعها تنطوى على المعلومات الأساسية التى يرى المؤلف أنه لا غنى للقارئ عن الإلمام بها للتعرف على خصوبة التربة والحفاظ عليها، حيث أن هذا الكتاب يلبى حاجة المشتغلين بكافة مجالات الزراعة والباحثين والطلاب على امتداد وطننا العربى الكبير.

أسأل الله أن يتحقق الهدف المنشود من تأليف هذا الكتاب وأن يجد فيه القراء على اختلاف اهتماماتهم العون والفائدة.

**والله ولى التوفيق ،،،**

**أ.د السيد أحمد الخطيب**

**الإسكندرية ٢٠٠٧**

## المحتويات


| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| **الفصل الأول : المكونات الأساسية للأراضى** | ١٩ |
| * المفهوم الحديث للتربة . | ١٩ |
| * قطاع التربة والطبقات المكونة له . | ٢١ |
| * سطح التربة وتحت سطح التربة . | ٢٣ |
| * الأتربة المعدنية (غيرعضوية) والأتربة العضوية . | ٢٥ |
| * المكونات الأساسية للأتربة المعدنية . | ٢٥ |
| * المحلول الأرضى . | ٣١ |
| * الطين والدبال (مركز النشاط في التربة) . | ٣٥ |
| * التفاعل بين مكونات التربة لإمداد النبات بالعناصر الغذائية . | ٣٦ |
| * صلاحية العناصر الغذائية الأساسية . | ٣٧ |
| **الفصل الثانى : التركيب المعدنى والكيميائى للأراضى** | ٤٣ |
| * التركيب المعدنى للرمل والسلت . | ٤٤ |
| * التركيب المعدنى للجزء الناعم من الأراضى . | ٤٩ |
| * التركيب البنائى لمعادن الطين . | ٥٠ |
| * معادن الطين الفيللو سليكاتية الهامة في الأراضى. | ٣٠ |
| * الشحنة السطحية لمعادن الطين . | ٥٩ |

| الموضوع | الصفحة |
|---|---|


* السعة التبادلية الكاتيونية لمعادن التربة الثانوية . ٦١

**الفصل الثالث : الخواص الكيميائية لغرويات التربة** ٦٧

* التبادل الكاتيونى . ٦٧

* السعة التبادلية الكاتيونية . ٧٢

* السعة التبادلية الكاتيونية المتوقفة على رقم الهيدروجين . ٧٦

* التبادل الأنيونى . ٧٦

* تفاعل التربة . ٧٨

* مصادر قلوية التربة . ٨٠

* مصادر حموضة التربة . ٨٢

* أهمية الـ pH التربة . ٨٣

* السعة التنظيمية للأتربة . ٨٤

**الفصل الرابع : المحلول الأرضى** ٨٩

* المحلول الأرضى والأتزان الديناميكى . ٨٩

* طرق الحصول على المحلول الأرضى . ٩١

* التركيب الأيونى للمحلول الأرضى . ٩٣

* المحلول الأرضى وتغذية النبات . ٩٤

* العوامل المؤثرة على تركيز العناصر في المحلول الأرضى . ٩٨

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| **الفصل الخامس : مادة التربة العضوية** | ١٠٣ |
| * تحلل المادة العضوية . | ١٠٦ |
| * فصل واستخلاص مكونات مادة التربة العضوية . | ١٠٨ |
| * مكونات مادة التربة العضوية . | ١١٠ |
| * التفاعلات بين المواد الدبالية والفلزات. | ١١٢ |
| □ طبيعة وثبات معقدات الفلزات العضوية . | ١١٤ |
| □ تأثير معقدات الفلزات مع المواد الدبالية على انتقال الفلزات . | ١١٧ |
| * تكوين معقدات الطين من الأنيونات العضوية . | ١١٩ |
| * تكوين معقدات الطين مع الكاتيونات العضوية . | ١٢٠ |
| * تكوين المعقدات مع المركبات العضوية الامفوتيرية . | ١٢٠ |
| * تكوين المعقدات مع المركبات العضوية غير الأنيونية . | ١٢٢ |
| * منحنيات الثبات للفلزات المخلبية . | ١٢٢ |
| * تكوين المعقدات وخصوبة التربة . | ١٢٣ |
| **الفصل السادس : العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات** | ١٢٨ |
| * عملية التغذية الذاتية . | ١٢٨ |
| * الشروط الواجب توفرها في العنصر الغذائى الضرورى لنموالنبات . | ١٣٠ |
| * التركيب العنصرى للنبات . | ١٣٣ |
| * الصور الصالحة لاستعمال النبات من العنصر الغذائى . | ١٣٥ |
| * النمو والعوامل المحددة للنمو . | ١٣٦ |
| **الفصل السابع : النيتروجين** | ١٤١ |
| * دورة النيتروجين . | ١٤٢ |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| * الأقسام الرئيسية في دورة النيتروجين . | ١٤٢ |
| *Immobilization and Mineralization. | ١٤٣ |
| * مصير مركبات الأمونيوم . | ١٤٣ |
| * تثبيت الأمونيوم . | ١٤٤ |
| * تطاير الأمونيا . | ١٤٥ |
| * التأزت (النترتة) . | ١٤٦ |
| * مصير النترات . | ١٤٨ |
| * التثبيت البيولوجى للنيتروجين . | ١٤٩ |
| * ميكانيكية تثبيت النيتروجين . | ١٥١ |
| * نظم تثبيت النيتروجين . | ١٥١ |
| * التثبيت التكافلى للنيتروجين . | ١٥٢ |
| * تثبيت النيتروجين لا تكافليا . | ١٥٥ |
| * علاقة النيتروجين بالنمو النباتى . | ١٥٥ |
| * أعراض نقص النيتروجين . | ١٥٦ |
| * الاسمدة النيتروجينية . | ١٥٧ |
| * نترات الامونيوم ونترات الامونيوم الجيرية . | ١٦٢ |
| * كبريتات الأمونيوم . | ١٦٢ |
| * فوسفات الامونيوم . | ١٦٣ |
| * كلوريد الامونيوم . | ١٦٣ |
| * اليوريا . | ١٦٣ |

| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| * يوريا – كبريت . | ١٦٤ |
| * يوريا – فوسفات . | ١٦٥ |
| * نترات الصوديوم . | ١٦٥ |
| * نترات البوتاسيوم . | ١٦٥ |
| * نترات الكالسيوم . | ١٦٥ |
| * مركبات النيتروجين البطيئة الأنطلاق . | ١٦٥ |
| * حموضة وقاعدية الأسمدة النيتروجينية . | ١٦٦ |
| * اليوريا المغطاه بالكبريت . | ١٦٨ |
| * مركبات اليوريا – فورمالدهيد . | ١٦٨ |
| * فوسفات الامونيوم المعدنية . | ١٦٩ |
| * الحساميد . | ١٦٩ |
| * استجابة المحاصيل للمصادر المختلفة من الأسمدة النيتروجينية . | ١٦٩ |
| **الفصل الثامن : الفوسفور** | ١٧٧ |
| * أهمية للنبات . | ١٧٧ |
| * الفوسفور في التربة . | ١٧٨ |
| * صور الفوسفور في الأراضى . | ١٧٨ |
| * العوامل التى تؤثر على معدنة الفوسفور العضوى . | ١٨٢ |
| * كيمياء الفوسفور في الأرض . | ١٨٢ |
| * حساب نشاط أيون الفوسفات لمركبات الفوسفور المختلفة . | ١٨٣ |
| * تغير الصور الأيونية للفوسفات مع تغير الـــ pH . | ١٨٦ |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |


| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| * الأسمدة الفوسفاتية . | ١٨٨ |
| * مصادر الفوسفور العضوى . | ١٨٨ |
| * صخر الفوسفات . | ١٨٩ |
| * استخداماته . | ١٩٠ |
| * استجابة المحصول للتسميد بصخر الفوسفات . | ١٩٠ |
| * سماد سوبر فوسفات العادى . | ١٩١ |
| * حمض الفوسفوريك . | ١٩٣ |
| * حمض سوبر فوسفوريك . | ١٩٥ |
| * السوبر فوسفات المركز . | ١٩٦ |
| * الأسمدة التى تحتوى على أكثر من عنصر غذائى (المركبة) . | ١٩٨ |
| * احتياجات الأراضى من الأسمدة . | ١٩٩ |
| * كفاءة الاسمدة الفوسفاتية . | ١٩٩ |
| * أنواع الاسمدة التى تحتوى على نيتروجين وفوسفور . | ٢٠٠ |
| * فوسفات الألومنيوم . | ٢٠١ |
| * سوبر فوسفات الامونيوم . | ٢٠٢ |
| * Nitric Phosphate . | ٢٠٤ |
| * تفاعلات الأسمدة الفوسفاتية في الأراضى . | ٢٠٥ |
| * العوامل المؤثرة على ادمصاص وتثبيت الفوسفات بالأرضى . | ٢٠٨ |
| * المادة العضوية . | ٢٠٨ |
| * الاسمدة الفوسفاتية وصلاحية الفوسفور للنبات . | ٢٠٩ |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| الفصل التاسع : البوتاسيوم | ٢١٥ |
| * صور البوتاسيوم في الأرض . | ٢١٦ |
| * البوتاسيوم غير صالح نسبيا | ٢١٧ |
| * البوتاسيوم بطئ الصالحة . | ٢١٨ |
| * البوتاسيوم الصالح . | ٢١٨ |
| * تثبيت وإنطلاق البوتاسيوم . | ٢١٩ |
| * معادن الطين. | ٢٢٠ |
| * معادن الأيليت والفيرميكيوليت . | ٢٢١ |
| * معدن المونتمور يللونيت . | ٢٢٢ |
| * السعة التبادلية الكاتيونية وصلاحية البوتاسيوم . | ٢٢٢ |
| * فقد البوتاسيوم بالغسيل . | ٢٢٥ |
| * الاسمدة البوتاسية. | ٢٢٦ |
| * كلوريد البوتاسيوم . | ٢٢٦ |
| * الخواص الكيميائية. | ٢٢٧ |
| * كبريتات البوتاسيوم . | ٢٢٧ |
| * كبريتات البوتاسيوم والمغنيسيوم . | ٢٢٨ |
| الفصل العاشر : الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت | ٢٣٥ |
| * الكالسيوم . | ٢٣٧ |
| * الكالسيوم في التربة . | ٢٣٧ |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| * الكالسيوم في النبات . | ٢٣٧ |
| * أسمدة الكالسيوم . | ٢٤٠ |
| * أسمدة الكالسيوم وخواصها . | ٢٤٠ |
| * استخدام أسمدة الكالسيوم . | ٢٤١ |
| * المغنيسيوم . | ٢٤٢ |
| * المغنيسيوم في التربة . | ٢٤٢ |
| * المغنيسيوم في النبات . | ٢٤٣ |
| * الاسمدة المغنيسيومية . | ٢٤٣ |
| * الاسمدة المغنيسية وصفاتها . | ٢٤٤ |
| * التطبيق العملى للاسمدة المغنيسية . | ٢٤٧ |
| * الكبريت . | ٢٤٨ |
| * الكبريت في التربة . | ٢٤٨ |
| * دورة الكبريت . | ٢٤٩ |
| * الكبريت كعنصر مغذى للنبات . | ٢٥١ |
| * أسمدة الكبريت . | ٢٥٣ |
| * أسمدة الكبريت وخواصها . | ٢٥٣ |
| **الفصل الحادى عشر : العناصر الغذائية الصغرى** | ٢٥٧ |
| * الزنك . | ٢٥٨ |
| * مصادر الزنك في التربة .. | ٢٥٨ |
| * العوامل التى تؤثر على صلاحية الزنك للنبات . | ٢٥٩ |

| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| * الرقم الهيدروجينى للتربة . | ٢٥٩ |
| * كمية المادة العضوية في التربة . | ٢٦١ |
| * كمية السماد الفوسفاتى المضافة للتربة . | ٢٦٣ |
| * كمية الزنك في التربة . | ٢٦٤ |
| * أهمية الزنك للنبات . | ٢٦٥ |
| * علاج نقص الزنك . | ٢٦٥ |
| * الحديد . | ٢٦٥ |
| * مصادر الحديد في القشرة الأرضية . | ٢٦٩ |
| * الصور الايونية للحديد في التربة . | ٢٧١ |
| * ذوبان مركبات الحديد في التربة . | ٢٧١ |
| * العوامل التى تؤثر على صلاحية الحديد للنبات . | ٢٧٢ |
| * أهمية الحديد للنبات . | ٢٧٣ |
| * النحاس . | ٢٧٤ |
| * مصادر النحاس في التربة . | ٢٧٦ |
| * أهمية النحاس للنبات . | ٢٨٧ |
| * أعراض نقص النحاس . | ٢٨٧ |
| * حساسية أنواع النباتات المختلفة لنقص النحاس . | ٢٩٠ |
| * المنجنيز . | ٢٩٠ |
| * مصادر المنجنيز في التربة . | ٢٩٣ |
| * تفاعلات المنجنيز في التربة . | ٢٩٥ |
| * دور المنجنيز في النبات . | ٢٩٥ |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| * أعراض نقص المنجنيز على النباتات . | ٢٩٧ |
| * حساسية النباتات لنقص المنجنيز . | ٢٩٩ |
| * البورون . | ٣٠٣ |
| * مصادر البورون في الأرض . | ٣٠٣ |
| * كمية البورون في الأرض . | ٣٠٥ |
| * العوامل التى تؤثر على صلاحية البورون للنبات . | ٣٠٥ |
| * الممارسات الزراعية التى تؤدى إلى ظهور أعراض تسمم البورون . | ٣٠٥ |
| * دور البورون في تغذية النبات . | ٣٠٦ |
| * مقاومة النباتات للبورون . | ٣٠٩ |
| * العوامل التى تؤثر على صلاحية الحديد للنبات . | ٣٠٩ |
| * الموليدنيوم . | ٣١٣ |
| * مصادر الموليدنيوم في التربة . | ٣١٥ |
| * العوامل التى تؤثر على صلاحية الموليبدنيوم للنبات . | ٣١٥ |
| * دور الموليبدنيوم في النبات . | ٣١٦ |
| * الكلوريد . | ٣١٨ |
| * أهمية الكلوريد للنبات . | ٣٢١ |
| * الصوديوم . | ٣٢٢ |
| * الكوبلت . | ٣٢٣ |
| **الفصل الثانى عشر : تقدير خصوبة التربة** | ٣٢٨ |
| * أعراض نقص العنصر في النبات . | ٣٢٨ |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| * تحليل أنسجة النبات . | ٣٢٨ |
| * تجارب التسميد الحقلية . | ٣٢٨ |
| * اختبارات الصوب والقصارى . | ٣٢٨ |
| * اختبارات بيولوجية . | ٣٢٩ |
| * اختبارات التربة . | ٣٣٠ |
| * أهداف فحص الأراضى . | ٣٣٢ |
| * تقييم صلاحية الفوسفور في الأراضى . | ٣٣٥ |
| * الشروط الواجب توافرها في الاختبار الجيد للأراضى . | ٣٣٧ |
| * العوامل المؤثرة على امتصاص الفوسفور . | ٣٣٧ |
| * المستخلصات المستخدمة في اختبارات الفوسفور في الأراضى . | ٣٣٨ |
| * ميكانيكية إزالة الفوسفور بواسطة المستخلصات . | ٣٤١ |
| * العلاقة بين صور الفوسفور المختلفة في الأرضى ونمو النبات . | ٣٤٢ |
| * العلاقة بين صور الفوسفور في التربة ، الفوسفور المستخلص بواسطة اختبارات الأرضى . | ٣٤٤ |
| **الفصل الثالث عشر : الأسمدة العضوية** | ٣٤٧ |
| * أسمدة المزرعة . | ٣٤٧ |
| * المواد شائعة الاستخدام في عمل السماد العضوى الصناعى . | ٣٥٣ |
| * الاسمدة العضوية التجارية . | ٣٥٣ |
| * تأثير الاسمدة العضوية على نمو النبات . | ٣٥٧ |

| الموضوع | صفحة |
| --- | --- |
| * إضافة المخلفات العضوية إلى التربة . | ٣٦٠ |
| * مشاكل إضافة المخلفات العضوية إلى التربة . | ٣٦١ |
| * مخاطر إضافة المخلفات العضوية إلى التربة . | ٣٦٥ |
| * تحلل المخلفات العضوية في التربة . | ٣٧١ |
| * إدارة المخلفات العضوية لتعظيم الاستفادة من النيتروجين . | ٣٧٤ |
| **الفصل الرابع عشر : مكونات النبات من العناصر** | ٣٨٨ |
| * محتويات النبات من العناصر . | ٣٨٨ |
| * ميكانيكية امتصاص العناصر . | ٣٩٠ |
| * امتصاص أنيونات العناصر الكبرى الضرورية . | ٣٩٧ |
| * التنافس بين الكاتيونات . | ٣٩٨ |
| * العلاقة الرياضية بين الاسمدة المضافة والمحصول الناتج . | ٤٠٣ |
| * فوائد استخدام معادلات الرياضية في العلاقة بين المحصول الناتج والسماد المضاف . | ٤٠٧ |
| * العلاقة بين التركيب الكيميائي وعمر النبات . | ٤١٢ |
| **الفصل الخامس عشر : تكنولوجيا التسميد** | ٤١٧ |
| * العوامل التى تؤثر على استخدام السماد . | ٤١٧ |
| * التسميد في وجود الضغوط المختلفة . | ٤٢٢ |
| * تأثير التسميد على التربة . | ٤٢٨ |
| * إضافة التسميد . | ٤٣٢ |
| * محاليل النيتروجين . | ٤٣٤ |
| * معدل امتصاص العناصر الغذائية بأوراق النبات . | ٤٣٥ |

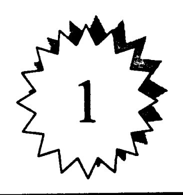
| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| * العوامل التى تؤثر على امتصاص العناصر وانتقالها داخل النبات . | ٤٤٨ |
| **الفصل السادس عشر : تأثير التسميد على البيئة** | ٤٤٣ |
| * تأثير التسميد على البيئة . | ٤٤٣ |
| * تأثير التسميد على التربة . | ٤٤٤ |
| * تأثير التسميد على الهواء . | ٤٤٦ |
| * عكس التأزت والأشعة فوق البنفسجية . | ٤٤٧ |
| * دور الزراعة في تخصيب الماء . | ٤٥٠ |
| * الاسمدة العضوية . | ٤٥١ |
| * الممارسات الزراعية المثلى لإدارة الاسمدى النيتروجينية بغرض حماية الماء من التلوث . | ٤٥٣ |
| * الممارسات الزراعية الضرورية لحماية المياه السطحية عن التلوث بالفوسفور . | ٤٥٨ |
| **الفصل السابع عشر : التسميد وجودة الغذاء** | ٤٦٧ |
| * تأثير التسميد على جودة الغذاء . | ٤٦٨ |
| * تكهنات حول صفات الجودة . | ٤٦٩ |
| * جودة الغذاء كدالة لنظام الانتاج . | ٤٧١ |
| * الزراعة التقليدية والزراعة البديلة . | ٤٧١ |
| * صفات الجودة كدالة للإمداد بالمغذيات . | ٤٧٣ |
| * التسميد النيتروجينى والجودة . | ٤٧٤ |
| * المركبات الهامة لتقييم صفات الجودة في النبات . | ٤٧٧ |
| * التسميد الفوسفاتى والجودة . | ٤٧٨ |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| * المركبات الفوسفورية الهامة لتقييم صفات الجودة في النبات . | ٤٧٨ |
| * التسميد البوتاسي وصفات الجودة . | ٤٧٩ |
| * التسميد بالعناصر الصغرى وصفات الجودة . | ٤٨٠ |
| * التسميد وجودة الغذاء وصحة الإنسان والحيوان . | ٤٨٢ |
| * التسميد والغذاء الصحي . | ٤٨٨ |
| ❖ المراجـــع | ٤٩٤ |




# المكونات الأساسية للأراضى

- ❖ المفهوم الحديث للتربة .
- ❖ قطاع التربة .
- ❖ ا؟الأتربة المعدنية والأتربة العضوية .
- ❖ المكونات الأساسية للأتربة المعدنية .
- ❖ التفاعل بين مكونات التربة .
- ❖ صلاحية العناصر الغذائية .



# المكونات الأساسية للأراضى

يعتمد نمو وتقدم البشرية بدرجة كبيرة على الاتربه وبالتالي فإن الأتربة الجيدة وطريقة استخدامها تتوقف على البشر الذين يعيشون عليها . فالأتربة هي عبارة عن أجسام طبيعية تنمو فيها النباتات وتعتبر نقط البداية لأي زراعات ناجحة .

والتمدن Civilization بشكل عام يعتمد على مدى جودة التربة فالمدنيات والإمبراطوريات القديمة التي نشأت حول نهر النيل اعتمدت بشكل مكثف في نشاتها على جودة الأتربة الخصبة لدلتا النهر والمقدرة العالية لهذه الأتربة على إنتاج الغذاء . فقد ساعد ثبات خصوبة أتربة الدلتا نتيجة الفيضان وما يحمله من طمى فى الحفاظ على قدرة هذه الأتربة فى إنتاج الغذاء وما ترتب على ذلك من بناء مجتمعات منتظمــــة تتميز بالثبات وهذا بدوره ساعد على تطور ونمو هذه المجتمعات . أيضـــا يجب ألا يغيب عن الأذهــــان أن أحـــد أســـــباب تدهــــور المدنيـــات القـــديمة هـــو عـــدم الاستخدام الأمثل للأتربة .

**المفهوم الحديث للتربة Modern Concept of Soil**

نشأ المفهوم الحديث للتربه نتيجة الدراسات العلمية المكثفة على مدى عقدين من الزمان ويمكن النظر إلى التربة بمنظورين : ـــ

**المنظور الأول :**

يعامل التربه على أساس أنها جسم طبيعى نشأ طبيعيـــا naturally نتيجة عوامل التجويه الطبيعية والبيوكيميائيه .

**المنظور الثانى :**

يعامل التربه على أنها بيئه طبيعية لنمو النبات .

وهذين المنظورين يوضحان أن الأتربه يمكن دراستها من وجهة النظر البيد ولوجيه pedology وأيضا من وجهة النظر الايدافولوجيه Edaphology .

**: Pedology**

هى كلمة مشتقه من اللفظ اليونانيPedon ويعنى تربه Soil وتعرف بأنها دراسة التربه كجسم طبيعى وفى دراسة التربه من هذا المنظور لا يتم التركيز على الاستخدام العملى للتربه وإنما يتم دراسة نشأة الأتربه وتقسيمها ووصفها فى الحالة الطبيعية وهذه الدراسات ذات أهمية كبيرة للمزارع وأيضا لمهندسي الطرق والإنشاءات.

**: Edaphology**

هى كلمة مشتقه من اللفظ اليونانى edaphos ويـــعـــنى أيضـــا التربه Soil وتعرف بأنها دراسة التربه كبيئه لنمو النبات وفيها يتم التركيز على دراسة أسباب ومعوقات إنتاجية التربه والبحث عن الوسائل اللازمه للحفاظ على التربه وتعظيم إنتاجها أى أن الهدف الرئيسي في هذه الدراسة هو إنتاج الغذاء والألياف من التربه .

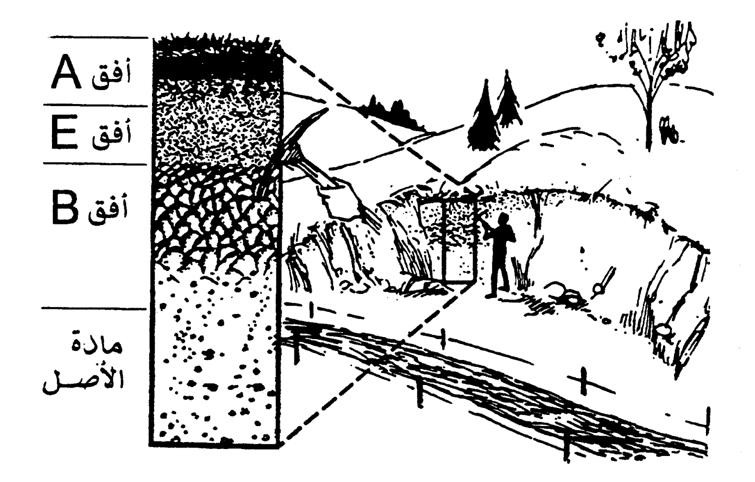
وفى هذا الكتاب سوف يتم التركيز على وجهة النظر الايدافولوجيه كما سوف تستخدم وجهة النظر البيد ولوجيه لفهم نشأة وتكوين التربه وتقسيماتها المختلفة .

**قطاع التربه والطبقات المكونه له**

**The Soil Profile and its layers (Horizons)**

التربه هى الطبقه السطحية من القشرة الأرضية الناتجه من تفتت الصخور وأنحلالها أو أنحلال بقايا المادة العضوية أو منهما معا. وتعتبر التربه هى الطبقه الصالحة

من الوجهة الحيويه والكيميائيه والطبيعيه لأن تكون مهدا للنبات . وبفحص قطاع رأسى فى التربة يلاحظ وجود طبقات مميزة مختلفة الخواص ( شكل 1-2 ) ويطلق على القطاع الرأسى إسم Profile أما الطبقات الأفقيه الموازيه لسطح التربه والمكونه للقطاع فيطلق عليها أفاق horizons وتتميز الأتربه ذات التطور الجيد باحتوائها على أفاق مميزة وتختلف طبيعة وصفات ومكونات هذه الأفاق تبعا لكيفية تطور التربه . ولذلك نجد أن كل تربه لها أفاق مميزة خاصة بها ويمكن أستخدام هذه الأفاق المميزة لتقسيم وحصر الأتربه كما يمكن استخدامها فى تحديد الاستخدام الأمثل لهذه الأتربة.




**شكل (1-1) : يمثل قطاع رأسى فى التربه ويوضح الطبقات المكونه للقطاع . ويطلق على الطبقة السطحية إسم أفق A ويتميز هذا الأفق بإرتفاع المادة العضويه فيه كما أن لونه يكون داكنا وبدرجة أكبر من الأفاق غير السطحية . بعض مكونات أفق A مثل الطين الناعم يمكن أن تتحرك لأسفل من خلال حركة الماء خلال القطاع أما الأفق تحت السطحى فيسمى أفق B ويتميز بتجمع الطين ولإختلاف صفات الطبقات فى القطاع من تربه إلى أخرى جعل من الممكن عمل نظام تقسيمى للأراضى .**

تتميز الأفاق السطحية فى قطاع التربه باللون الداكن نتيجة تجمع المواد العضوية الناشئة من تحلل جذور النباتات وبقايا النبات الموجودة على السطح كما أن درجة تجويه الأفاق السطحية تكون أعلى منها فىالأفاق تحت السطحية وغالبا ما يحدث إنتقال لنواتج التجويه من الأفاق السطحية إلى الأفاق تحت السطحية ويطلق على الأفق السطحى أسم أفق A .

تحتوى الآفـــاق تحت الســطــحية عـلـــى محـــــتوى أقـــل من المـــادة العضوية بالمقارنة بالآفاق السطحية . وتتميز الأفاق تحت السطحية بتجمع كميات مختلفة من المواد مثل معادن الطين السليكاتيه وأكاسيد الحديد والألومونيوم والجبس وكربونات الكالسيوم. وهذه المواد قد تنتقل من الطبقات السطحية إلى أسفل بواسطة الماء أو قد تتكون فى مكانها بفعل عمليات التجويه ويطلق على الأفق تحت السطحى إسم أفقB .

وتتكون أفاق B , A بفعل عوامل وعمليات تكوين الأراضى وتشمل عمليات الأنحلال البيوكميائى والتجويه والتخليق . وتعتبر هذه الأفاق دليل واضح على نشأة وتطور الترب من مادة الأصل التى تكونت منها .

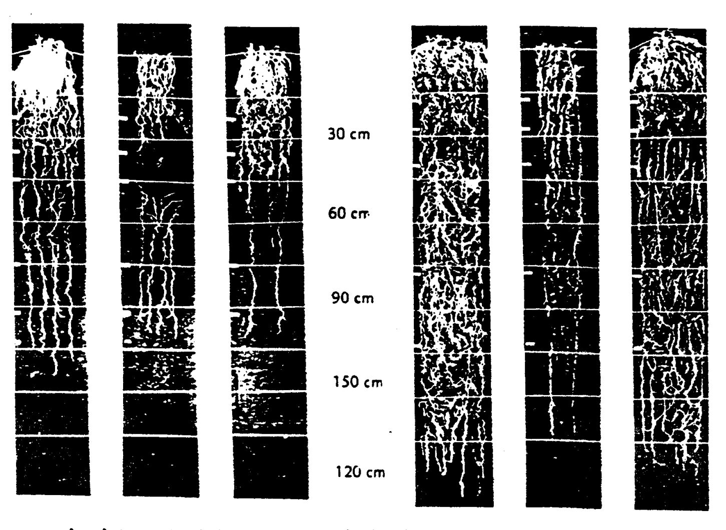
يطلق على الجزء العلوى من القطاع (أفق A ، أفق B) إسم طبقة الاستزراع Solum (وهى كلمة لاتينيه تعنى التربه) وتختلف سمك طبقة الاستزراع Solum من تربه إلى أخرى تبعا لدرجة التجويه فتكون حوالى 1-2 m فى أراضى المناطق الباردة وأكثر عمقا من ذلك فى الأتربه المناطق الأستوائيه (تجويه شديدة)

**سطح التربه وتحت سطح التربة Topsoil and Subsoil**

ينتج عن حرث التربه وزراعتها تعديـــــل للحاله الطبيعية للجزء العلـــــوى (12-18 cm) من الطبقة السطحية للتربه ويطلق على هذا الجزء المعدل إسم سطح التربه Topsoil أو قد يطلق عليه Furrow Slice فى حالة حرث وزراعة التربه فى خطوط . ويعتبر سطح التربه هو المنطقة الأساسيه لتطور جذور النباتات المنزرعه بها فهى تحتوى على العديد من العناصر الغذائية الصالحة لنمو النبات كما أنها ايضا تمد النبات بالماء اللازم لنموه . ويمكن للعمليات الزراعيه من خدمة وخلافه الحفاظ على سطح التربه بصورة مفككه تسمح بمرور الهواء والماء اللازمين لنمو النبات كما يمكن إضافة

الأسمدة الكميائية إلى سطح التربه وذلك لتحسين خصوبتها وبالتالى تحسين مقدرتها على إنتاج المحاصيل المختلفة .

وتحت التربه Subsoil يتكون من الطبقات التى تقع أسفل سطح التربه Top soil وهى بالقطع لاتتأثر بعمليات الحرث . وتؤثر طبقة سطح التربه على إنتاجيه المحاصيل نتيجة إختراق جذور النباتات لهذه الطبقة وأيضا لما تحتويه هذه الطبقة من ماء وعناصر غذائية (شكل 1-2) . فى بعض الأحوال قد يعيق عدم نفاذيه تحت السطح حركة مياه الصرف إلى أسفل وبالتالى فإن نمو النبات يتأثر سـلبـا نتيجة لذلك. وهذه الملحوظة ذات قيمة عمليه كبيرة لأن تحديد وكيفية استخدام واستزراع الأتربه يتوقف إلى حد كبير على صفات الطبقات تحت السطحية .




شكل (1-2): صورة توضح نمو الجذور فى قطاع التربه ويلاحظ غزارة نمو الجذور فى التربه المسمده (يمين الصورة) بالمقارنة بالجذور الناميه فى التربه غير المسمده (يسار الصورة).

**الأتربه المعدنيه (غير العضويه) والأتربه العضويه**

**Mineral (Inorganic) and Organic Soils**

يعتبر القطاع الأرضى الذى تم وصفه سابقا ممثلا للقطاع الأرضى الخاص بالأتربه ذات التركيب المعدنى أو غير العضوى . وعموما فإن الطبقات السطحيه للأتربه المعدنيه تحتوى على نسبة منخفضه من المادة العضويه تتراوح من 1-6% وعلى النقيض من ذلك فإن الأتربه التى يسود تركيبها المادة العضويه تسمى الأتربه العضويه Organic Soils .

**المكونات الأساسيه للأتربه المعدنيه**

**Major Components of Mineral Soils**

تتكون الأتربه المعدنيه من أربع مكونات أساسيـــــه هى : مكونات مواد معدنيه أو غير عضويه ، مادة عضويه ، ماء ، هواء ويوضح شكل رقم (1-3) النسب الحجميه لهذه المكونات فى تربه سطحيه لوميـــه تحت ظروف جيـــدة لنمـــو النبات ويلاحظ أن هذه التربه المعدنيه تحتوى على 50% من حجمها مواد صلبه ، 50% فراغات بينيه مملوءة بالماء والهواء . وتمثل الحبيبات الصلبه المعدنيه حوالى 45% من حجم التربه بينما تمثل الماده العضويه حوالى 5% من حجم التربه . عند الظروف المثلى للرطوبه الأرضيه يكون حوالى 25% من الفراغات البينيه مماوءة بالماء وحوالى 25% من الفراغات البينيه مملوءة هواء علما بأن هذه النسب عرضه للتغير السريع تبعا لحالة الرطوبه الأرضيه . والجدير بالذكر أن المكونات الأساسيه فى التربه تتواجد فى صورة مختلطه حيث أن هذا الاختلاط يسمح بتفاعل هذه المكونات مع بعضها مما ينتج عنه اختلافات كبيرة فى البيئه اللازمه لنمو النبات .

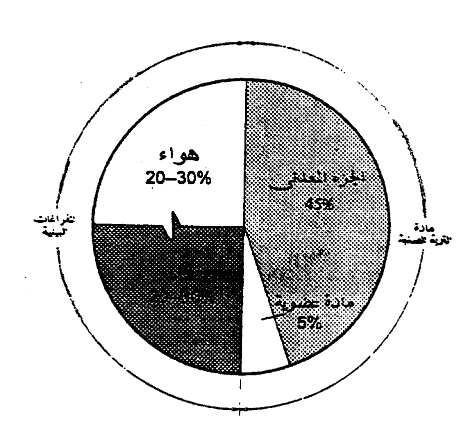
ويختلف التركيب الحجمى لتحت سطح التربه عن مثيله فى سطح التربه فنجد أن تحت سطح التربه يحتوى على نسبه أقل من الماده العضويه والفراغات البينيه وتكون نسبة الفراغات البينيه المملوءة بالماء أكبر من نسبة

الفراغات البينيه المملوءة بالهواء .

### ( أ ) المكونات المعدنيه (غير العضويه) فى الترب

**Mineral (Inorganic) Constituents in Soils**

تختلف المكونات غير العضويه فى الأتربه إختلافا كبيرا فى الحجم والتركيب . فهذه المكونات تتراوح من قطع صخريه مفتته Fragments إلى معادن مختلفة الأنواع والتركيب . وغالبا ما تتكون القطع الصخريه المفتـته من تجمعات من المعـــادن وهـذه القطع المفتته هى عبارة عن بقايا الصخور التى يتكون منها الريجوليث Regolith وبالتالى التربه بعد تعرضها لعوامل التجويه المختلفه .




شكل (1-3) : التركيب الحجمى لتربه لوميه سطحيه تحت ظروف ملائمه لنمو النبات ويتوقف مدى ملائمة التربه لنمو النبات على نسب الفراغات البينيه المملوءة بالهواء والماء .

والحبيبات المعدنيه الموجودة فى التربه تختلف اختلافا كبيرا فى الحجم

فنجد أن التربه تحتوى على ما يلى :

أ) قطع حصويه ذات حجم كبير نسبيا .

ب) حبيبات الرمل Sand وهى حبيبات أصغر حجما من الحصى ومدى قطر حبيبات الرمل (0.05 - 2mm) ويمكن مشاهدة هذه الحبيبات بالعين المجردة.

ج) السلت Silt وهى حبيبات أصغر حجـــما من الرمل مدى قطر حبيبات السلت (0.002-0.05mm) ويمكن مشاهدة هذه الحبيبات بواسطة الميكروسكوب .

د) الطين Clay : وتعتبر أصغر الحبيبات المعدنيه الموجوده فى التربه وقطر حبيبات الطين (0.002mm >) ويمكن مشاهدتها بالميكرسكوب الالكترونى . وتتميز حبيبات الطين ذات القطر الاصغر من (Imicrometer lum) بامتلاكها خاصية الغرويات (سوف يتم الحديث عنها فى الفصول القادمه).

ويوضح الجدول (1-1) الخواص العامه للحبيبات المعدنيه فى التربه ويتضح من الجدول أن الخواص الفيزيائيه للتربه وكذلك قدرة التربه على إمداد النبات بالعناصر الغذائيه يتوقف إلى حد كبير على حجم الحبيبات المعدنيه الموجوده فى التربه .

جدول (1-1) : الخواص العامه لحبيبات التربه المعدنيه

| الخاصيه | رمل (0.05-2mm) | سلت (0.002-0.05mm) | طين (< 0.002mm) |
|---|---|---|---|
| ١- طريقة الفحص | العين المجرده | ميكروسكوب | ميكروسكوب الكترونى |
| ٢- المعادن السائدة | أوليه | أوليه وثانويه | ثانويه |
| ٣- تجاذب الحبيبات مع بعضها. | منخفض | متوسط | عالى |
| ٤- تجاذب الحبيبات مع الماء. | منخفض | متوسط | عالى |
| ٥- القدرة على مسك العناصـــر الغـــذائيه وإمداد النبات بهذه العناصر . | منخفضه جدا | منخفضه | عاليه |
| ٦- خواص التماســك عندما تكون التربه رطبه. | مفرقه | ناعمه | ملتصقه |
| ٧- خواص التماســك عندما تكون التربه جافه. | متفرقه جدا | تشبه البودره | كتل صلبه |

**( i ) المعادن الأوليه والمعادن الثانويه**

**Primary and Secondary Minerals**

تعرف المعادن التى لــم يتغير تركيــبــها منذ خـــروجها من اللافا المنصهرة molten lava (مثل الكوارتز ــ ميكا ــ فلسبارات) باسم المعادن الأوليه Primary minerals وهذه المعادن تسود فى الجزء الرملى والسلتى من التربه .

ويعتبر الجزء المعدنى فى التربه هو المصدر الرئيسى للعناصر الغذائية الضروريه لنمو النبات . وبالرغم من وجود جزء كبير من هذه العناصر فى التركيب البللورى للمعادن فإن الجزء المتبقى والذى يكون موجودا على سطوح حبيبات الطين يعتبر فعالا وهاما لنمو النبات حيث أن جذور النبات تستطيع استخلاص هذه العناصر من على سطوح الحبيبات بواسطة ميكانيكيات خاصة سوف يتم الحديث عنها فى الفصول القادمة .

**( ii ) بناء التربه Soil Structure**

بناء التربه هو نظام ترتيب حبيبات الرمل والسلت والطين فى التربه أو اتحاد هذه الحبيبات فى صورة حبيبات مركبه Aggregates وما ينتج عن ذلك من توزيع هندسى للحبيبات والفراغات فى التربه .

وبناء التربه يحدد إنتقال الماء والهواء فى التربه وما يترتب على ذلك من تأثير على نمو جذور النبات وأيضا على نشاط الكائنات الحيه الدقيقة .

**(ب) مادة التربه العضويه Soil Organic Matter**

تتكون مادة التربه العضويه من بقايا النباتات والحيوانات المتحلله جزئيا وبعض المركبات العضويه المخلقه بواسطة ميكروبات التربه . وتكون هذه المواد العضويه فى حاله مستمرة من التحلل والتحليق بواسطة الأحياء الموجودة فى التربه ولذلك فإن مادة التربه العضويه يعتبر مكون إنتقالى فى التربه قد ينتهى فى فترة تتراوح من ساعات إلى مئات السنين . ولذلك فإن الحفاظ على مادة التربه العضويه يستلزم الأضافه المستمرة لبقايا النباتات والحيوانات إلى التربه .

ومحتوى التربه المعدنيه من المادة العضويه يعتبر صغيرا فهو يتراوح مـــــــن 6% ـ1 بالوزن فى سطح التربه ويكون أقل من ذلك تحت سطح التربه . وبالرغم من صغر هذه النسبه فإن تأثير الماده العضويه على خواص

التربه وبالتالى على نمو النبات هاما للغايه . وتعمل مادة التربه العضويه على ربط وتجمع الحبيبات المعدنيه فى التربه ببعضها وبالتالى فهى المسئوله عن خلق الظروف الملائمه لنمو النبات . أيضا وجود المـــاده العضـــويه يؤدى إلى زيادة مقدرة التربه على الأحتفاظ بالماء. وتعتبر مــــادة التربه العضويه هى المصدر الرئيسى لعناصـــر الفوسفـــور والنيتروجين والكبريت كما أنها المصدر الرئيسى للطاقه اللازمه لميكروبات التربه وما يتبعه من نشاط بيوكيميائى فى التربه .

مادة التربه العضويه تحتوى على مركبات مقاومه للانحلال ويطلق على هذه المركبات بالأضافه إلى بقايا النباتات والحيوانات والمواد المخلقه بواسطة ميكروبات التربه أسم الدبال humus . وهذه المادة تتميز بصغر حجمها (حجم الغرويات) وتكون ذات لون داكن ومقدرة الدبال على مسك الماء والعناصر الغذائيه تفوق تلك المقدرة الخاصة بالطين ولذلك فان وجود كميات صغيرة من الدبال يؤدى إلى زيادة قدرة التربه كبيئه لنمو النبات .

**(جـ) ماء التربه ـــ المحلول الديناميكى**

**Soil Water - A Dynamic Solution**

سوف نتناول ماء التربه بمفهومين أساسيين يركزان على أهمية هذا المكون لنمو النبات وهما :

١- الماء الممسوك فى مسام التربه وتتوقف درجة مسك التربه للماء على كمية الماء الموجودة فى المسام وأيضا على حجم هذه المسام .

٢- ماء التربه وما يحتوى من مكونات ذائبه فيه بما فى ذلك العناصر الغذائيه (كالسيوم ـــ بوتاسيوم ـــ فوسفور ـــ نتروجين وخلافه) ويطلق عليه المحلول الأرضى Soil Solution والذى يعتبر الوسط الذى يستمد منه النبات معظم العناصر الغذائيه اللازمه لنموه .

عندما يكون المحتوى الرطوبى فى التربه مثاليا لنمو النبات (شكل 1-4) فإن الماء الموجود فى المسام ذات الأحجام الكبيرة والمتوسطه تكون له المقدرة على الحركه فى التربه ويمكن للنبات الاستفاده منه . وحركة الماء قد تكون إلى أسفل نتيجه للجاذبيه الأرضيه أو إلى أعلى لتعويض الماء المفقود بواسطة البخر أو إلى اى اتجاه ناحية جذور النباتات حيث يقوم الجذور بامتصاصه . وعلى الرغم من أن النبات النامى يمتص جزء كبير من ماء التربه فإن البعض منه يظل موجودا فى المسام الصغيره وكغشاء حول الحبيبات وذلك لأن حبيبات التربه تمسك هذا الماء بقوه كبيره وبالتالى تـتنافس مع النبات فى الحصول على الماء ولذلك فإن الماء الموجود بالتربه. لا يكون متاحا بالكامل للنبات فحوالى 2/3 – 1/4 الماء الكلى يكون موجودا بالتربه بعد ذبول النبات وموته ويتوقف ذلك إلى حد كبير على نوع التربه .

### المحلول الأرضى Soil Solution

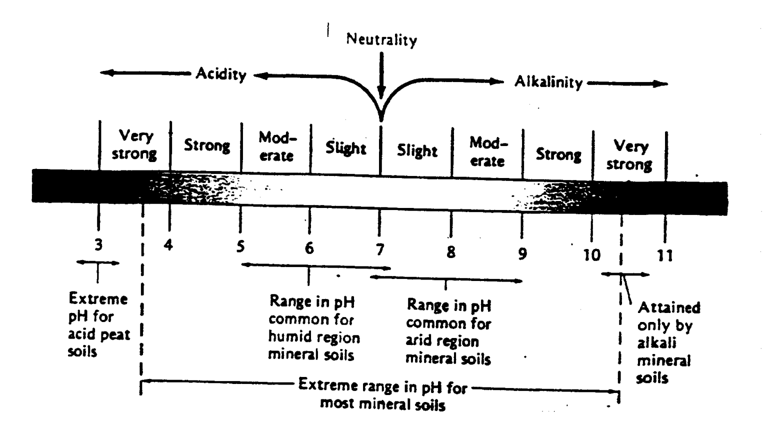
يحتوى المحلول الأرضى على كميات صغيره ولكن معنويه من الأملاح غير العضويه والعضويه الذائبه ويشمل ذلك العناصر الضروريه لنمو النبات . ويوضح الجدول (1-2) 17عنصرا أساسيا ومصادر هذه العناصر . فالجزء الصلب من التربه (العضوى وغير العضوى) يقوم بإطلاق هذه العناصر إلى المحلول الأرضى ليمتصها النبات بعد ذلك .

والخاصيه الكيميائيه الأخرى الهامه للمحلول الأرضى هو قلويه أو حموضة هذا المحلول حيث أن كثير من التفاعلات الكميائيه والبيولوجيه التى تحدث فى التربه تتوقف على تركيز أيونات الهيدروجين ( H ) أو الهيدروكسيل ( OH) فى التربه وبالتالى فإن درجة حموضه التربه لها تأثير كبير على ذائبيه العناصر الضروريه للنبات مثل الحديد والمنجنيز والفوسفور والزنك والموليبدنوم وبالتالى على صلاحية هذه العناصر بالنسبه للنبات .

جدول (1-2) : العناصر الغذائيه الضروريه للنبات ومصادرها

| عناصر يحتاجها النبات بكميات صغيرة | | عناصر يحتاجها النبات بكميات كبيرة | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| من الجزء الصلب من التربه | | من الجزء الصلب من التربه | | من الهواء والماء | |
| الحديد | (Fe) | نيتروجين | (N) | كربون | (C) |
| المنجنيز | (Mn) | فوسفور | (P) | هيدروجين | (H) |
| بورون | (B) | بوتاسيوم | (K) | أوكسجين | (O) |
| موليبدنوم | (Mo) | كالسيوم | (Ca) | | |
| نحاس | (Cu) | مغنسيوم | (Mg) | | |
| زنك | (Zn) | كبريت | (S) | | |
| كلور | (Cl) | | | | |
| كوبالت | (Co) | | | | |

وتركيزات أيونات الهيدروجين فى المحلول الأرضى يتم الحصول عليها بتقدير درجة الحموضه (pH المحلول) ويوضح الشكل (1-4) مدى الـ pH لأنواع عديدة من الأتربه فى مناطق مختلفه من العالم . وسوف نرى فى الفصول القادمه أن درجة pH التربه تؤثر بدرجة كبيرة على جميع التفاعلات الكيميائيه التى تحدث فى التربه .




**شكل (4-1) : مدى الـ pH لأغلب الأتربه المعدنيه بما فى ذلك أتربه المناطق الرطبه والمناطق الجافه . كما يوضح الشكل درجة الـ pH العظمى للأراضى القاعديه وأقل درجة pH يمكن أن تتواجد فى الاتربه شديدة الحموضه .**

## ( د ) هواء التربه ــ المكون المتغير

**Soil Air - Another Changeable Constituent**

يختلف هواء التربه عن الهواء الجوى فى نواحى عديدة نذكر منها مايلى :

١- هواء التربه يعتبر شديد الديناميكيه حيث يتغير بدرجه كبيره من مكان إلى مكان فى التربه الواحده . ففى بعض الأماكن يتم أستهلاك الغازات بواسطة جذور النبات وميكروبات التربه بينما فى أماكن أخرى يحدث أنطلاق لهذه الغازات . ونتيجه لذلك يحدث تعديل كبير فى مكونات هواء التربه .

٢- المحتوى الرطوبى لهواء التربه بوجه عام أعلى من المحتوى الرطوبى

للهواء الجـوى فالرطوبه النسبيه لهواء التربه يصل إلى 100% عندما يكون المحتوى الرطوبى فى التربه مثاليا optimum .

٣- نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء التربه أعلى مئات المرات من النسبه الموجوده فى الهواء الجوى (0.03%) وبالتالى فإن نسبة الاكسجين فى هواء التربه تقل وقد تصل إلى 10%-5 بينما نسبة الاكسجين فى الهواء الجوى تكون حوالى 20% .

ويتحدد محتوى وتركيب هواء التربه تبعا لمحتوى التربه من الماء لأن الهواء يحتل مسام التربه غير المملوءة بالماء فبعد الرى أو وسقوط أمطار غزيرة فإن المسام الكبيره تفقد الماء الموجودة بها ويحل محلها الهواء ويلى ذلك فقد الماء من المسام متوسطة الحجم وفى النهايه المسام صغيرة الحجم التى تفقد الماء الموجودة بها نتيجة البخر وإمتصاص النبات للماء . وهذا الترتيب المتعاقب للصرف يوضح السبب فى أن الأتربه التى تحتوى على نسبه كبيره من المسام صغيرة الحجم تكون رديئه التهويه لأن الماء فى هذه الحاله يكون هو السائد ويصبح محتوى التربه من الهواء قليلا وبالتالى فإن معدل إنتشار الهواء من وإلى التربه للوصول إلى حالة اتزان مع الهواء الجوى يكون بطيئا . والنتيجه النهائيه لذلك هو مستوى عالى من ثانى أكسيد الكربون فى التربه ومستوى منخفض من الاكسجين فى التربه وهذه الظروف تعتبر ظروفا غير مثاليه لنمو النبات ولبعض ميكروبات التربه وهذا يوضح العلاقه بين الخواص الفيزيائيه للتربه وتركيب هواء التربه.

**( هـ ) التربه والكائنات الحيه The Soil and Living Organisms**

تحتوى التربه على أنواع عديدة من الكائنات الحيه تشمل النباتات والحيوانات . وتتراوح أحجام الكائنات الحيه من أحجام كبيره مثل جذور الأشجار والديدان الأرضيه والحشرات إلى أحجام صغيرة جدا مثل البكتريا .

ويختلف عدد ووزن الكائنات الحيه من تربه إلى أخرى . فمثلا جرام واحد من التربه قد يحتوى من بضعة مئات الالاف إلى عدة بلايين من البكتريا تبعا للظروف السائده فى التربه . وفى جميع الأحوال فإن كمية الكائنات الحيه بما فى ذلك جذور النباتات تكون كافيه للتأثير على الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للأتربة .

وتختلف أنشطة الكائنات الحيه فى التربه اختلافا كبيرا فبعض الحشرات والديدان الأرضيه لها القدرة على تفتيت بقايا النباتات ميكانيكيا فقط بينما الكائنات الحيه الدقيقه مثل البكتريا والفطريات والأكيتنومايسيتات تكون لها القدرة على تحليل بقايا النباتات تحللا كاملا بالأضافه إلى ذلك فإن تكوين الدبال humus والذى يعتبر أنشطالمركبات الموجودة فى التربه كيميائيا وفيزيائيا يعتبر نتاج نشاط الكائنات الحيه الدقيقه.

ونتيجة لعمليات التحلل بفعل كائنات التربه تنطلق العناصر الغذائيه الأساسيه لنمو النبات مثل الفوسفور والنيتروجين والكبريت كما أن بعض الكائنات الحيه الدقيقه لها القدرة على تغيير حالة الأكسدة والأختزال التى تتواجد عليها العناصر الغذائيه بصفه عامه وما يتبع ذلك من تأثير على نمو النبات وأيضا على صفات التربه .

**الطين والدبال (مركزى النشاط فى التربه)**

**Clay and humus - The Seat of Soil Actioity**

يتميز كلا من الطين والدبال بنشاط ديناميكى كبير نظرا لصغر أحجامهما وبالتالى كبر السطح النوعى لكل وحدة وزن وأيضا نتيجة إمتلاك الطين والدبال شحنات سطحيه قادره على جذب الأيونات الموجبه والسالبه الشحنه وكذلك الماء .

وادمصاص الأيونات مثل $K^{+}$, $Mg^{2+}$, $Ca^{2+}$ على سطوح غرويات الطين

والدبال جعل من الممكن لهذه الأيونات أن تتبادل exchange مع الأيونات المجاورة لها والموجوده فى المحلول الأرضى Soil Solution . فمثلا أيون الهيدروجين $H^+$ الذى يتحرر من جذور النبات إلى المحلول الأرضى يمكن أن يحل محل (يتبادل) أيون البوتاسيوم ($K^+$) المدمص على سطح غرويات التربه . وبالتالى يصبح أيون البوتاسيوم فى المحلول الأرضى صالح للأمتصاص بواسطة جذور النبات . والمعادله التاليه تمثل التبادل الكاتيونى السابق ذكره

وتوضح أهمية التبادل الكاتيونى لنمو وتطور النبات .

$$\boxed{\text{Colloid}}\ K^+ + H^+ (aq) \rightarrow \boxed{\text{Colloid}}\ H^+ + K^+ (aq)$$

(adsorbed) (in Soil Solution) (adsorbed) (in Soil Solution)

أيضا يؤثر الطين والدبال على الخواص الفيزيائيه للتربه بدرجه كبيره حيث تعمل السطوح المشحونه كرابط Bridge يربط بين حبيبات التربه وبالتالى يساعد على تكوين وثبات تجمعات الحبيبات Aggregates وأيضا المساميه .

**السعه التبادليه والقدره على مسك الماء فى الدبال تعتبرأكبر من مثيلاتهما فى الطين وذلك على أساس الوزن ولكن كبر كمية الطين فى الأتربه بالمقارنه بكمية الدبال تجعل مساهمة الطين وتأثيره على الخواص الكميائيه والفيزيائيه** للتربه أكبر من الدبال ولذلك فالأتربه جيدة الانتاج يجب أن تحتوى على كميات متوازنه من الدبال والطين . ومما سبق يتضح أن نمو النبات وتطوره وأيضا إنتاجية التربه تتوقف على محتوى التربه من الدبال والطين والهواء الأرضى والماء الأرضى .

**التفاعل بين مكونات التربه لإمداد النبات بالعناصر الغذائيه**

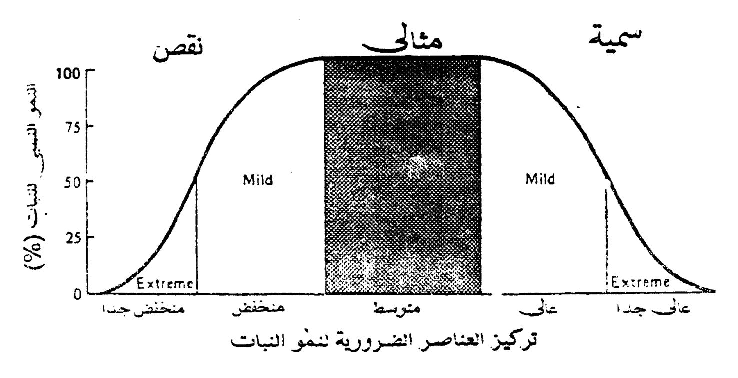
**Interaction between Soil components** .

فى مناقشتنا لمكونات التربه الأربع (المعادن ــ المادة العضويه ــ الماء

– الهواء) تم توضيح أثر هذه المكونات على نمو النبات ويجب القول أن مكونات التربه لا تؤثر على نمو النبات بصورة مستقله عن بعضها البعض وإنما تعمل بصورة متكامله فمثلا رطوبة التربه التى تمد النبات بالماء اللازم لنموه تتحكم فى نفس الوقت فى كمية الهواء التى تصل إلى النبات . أيضا تعمل المادة العضويه على ربط حبيبات التربه بعضها ببعض ويؤدى ذلك إلى زيادة عدد المسام الكبيره Large pores فى التربه وهذا بالتالى يؤثر على علاقات الماء والهواء فى التربه .

**صلاحية العناصر الغذائيه الأساسيه Essential ElementAvailability**

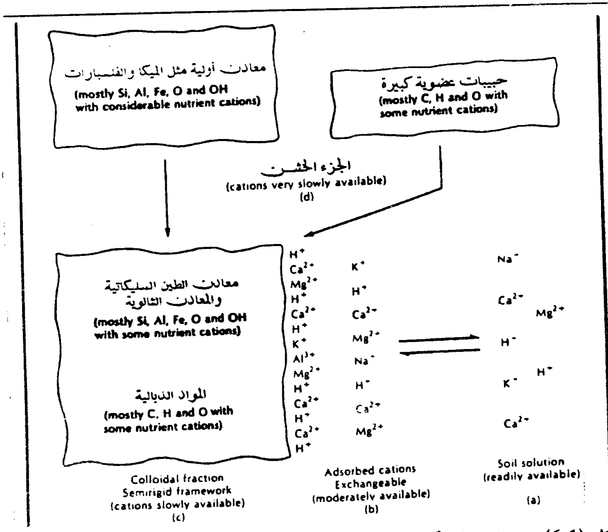
يمتص النبات العناصر الغذائيه الضروريه وكذلك الماء من المحلول الأرضى ومع ذلك فإن كمية العناصر الغذائيه فى المحلول الأرضى تعتبر غير كافيه لأنتاج المحصول (شكل 1-5) وبالتالى فإن المحلول الأرضى يجب إمداده بصورة مستمره بالعناصر الغذائيه وذلك لتعويض ما يمتصه النبات ويتم هذا الإمداد عن طريق الجزء غير العضوى أو الجزء العضوى من التربه أو يتم عن طريق إضافة الأسمدة إلى التربه .




شكل (1-5) : العلاقه بين نمو النبات وتركيز العناصر الضروريه لنمو النبات فى المحلول الأرضى . يجب إضافة العناصر الغذائيه للمحلول الأرضى بكميات كافيه حتى يمكن للنبات أن ينمو نموا طبيعيا .

ولحسن الحظ فإن كميات كبيره من العناصر تكون مصاحبه للجزء الصلب من التربه فى صورتيه العضويه وغير العضويه وعن طريق العمليات الكيميائيه والبيوكميائيه فى التربه يتم امداد المحلول الأرضى بالعناصر الغذائيه لتعويض كمية العناصر الغذائيه التى أمتصت بواسطة النبات . فمثلا يحدث إنطلاق لعنصرى الكالسيوم $Ca^{2+}$ ، البوتاسيوم $K^{+}$ من سطوح غرويات الطين

والدبال إلى المحلول الأرضى من خلال عمليات التبادل الأيونى . كما أن كثير من أيونات العناصر الغذائيه تتحرر عند تحلل البقايا العضويه بفعل ميكروبات التربه . وبالتالى فإن جذور النبات تستطيع أن تمتص العناصر الغذائيه اللازمه لها من المحلول الأرضى . ويتواجد الجزء الأكبر من العناصر الغذائيه فى التركيب البنائى لمعادن الطين الأوليه والثانويه والماده العضويه وبمرور الزمن يحدث أنطلاق وتحرر هذ العناصر وبالتالى فإن التركيب البنائى للجزء الصلب من التربهيعتبر مصدرا هاما للعناصر الغذائيه بالنسبه للنبات . ويوضح الشكل (1-6)كيفية تفاعل الجزء الصلب من التربه مع المحلول الأرضى لإمداد النبات بالعناصر الغذائيه الضروريه لنموه . أيضا يوضح الجدول رقم (1-3) محتوى أتربه المناطق الجافه والرطبه من بعض العناصر الغذائيه الضروريه لنمو النبات .




شكل (6-1) : يوضح العلاقه بين مكونات التربه المختلفه ببعضها لإمداد النبات بالعناصر الغذائيه :

(a) العناصر الغذائيه فى المحلول الأرضى تعتبر الصوره الصالحه للامتصاص بواسطة النبات

(b) الكاتيونات المدمصه والتى تتبادل مع الكاتيونات فى المحلول الأرضى وتعتبر متوسطة الصلاحيه moderately available

(c) الكاتيونات الموجوده فى التركيب البنائى للطين والدبال وتعتبر الصوره بطيئه الصلاحيه slowly available

(d) الكاتيونات الموجوده فى المعادن الأوليه والتى تنطلق نتيجة عمليات التجويه وتعتبر الصوره شديدة البطء فى الصلاحيه very slowly available

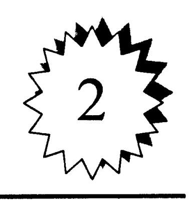
جدول (3-1) : كميات ست عناصر غذائيه ضروريه للنبات فى أتربه بعض المناطق الجافه والرطبه.

| العنصر الغذائى | تربه ممثله للمناطق الجافه | | | تربه ممثله للمناطق الرطبه | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | فى المحلول الأرضى (kg / ha) | متبادل (kg/ha) | فى الجزء الصلب (kg / ha) | فى المحلول الأرضى (kg / ha) | متبادل (kg/ha) | فى الجزء الصلب (kg/ha) |
| Ca | 140-280 | 5.625 | 20,000 | 60-120 | 2,250 | 8,000 |
| Mg | 25-40 | 900 | 14,000 | 10-20 | 450 | 6,000 |
| K | 15-40 | 250 | 45,000 | 10-30 | 190 | 38,000 |
| P | 0.1-0.2 | – | 1,600 | 0.05-0.15 | – | 900 |
| S | 6-30 | – | 1,800 | 2-10 | – | 700 |
| N | 5-20 | – | 2,500 | 7-25 | – | 3,500 |




## التركيب المعدنى والكيميائى للأراضى

- ❖ التركيب المعدنى للرمل والسلت.
- ❖ التركيب المعدنى للطين.
- ❖ **التركيب البنائى لمعادن الطين.**
- ❖ **معادن الطين الفيللو سيلكاتية فى الأراضى.**
- ❖ الشحنة السطحية لمعادن الطين.



# التركيب المعدنى والكيميائى للأراضى
# Chemical and Mineralogical Composition of Soils

تتعرض الصخور الصلبة إلى عمليات تجوية تقوم بها العوامل الطبيعية المختلفة مما يؤدى إلى تكسرها وتحللها . وتنقسم عمليات التجوية إلى قسمين:

١- تجوية طبيعية Physical Weathering

تشمل الفعل الميكانيكى للعوامل الجوية مثل الرياح والحرارة والبرودة والمياه والثلج والذى يؤدى إلى تكسير وتفتيت الصخر إلى أجزاء صغيرة مما يؤدى إلى تعرض أسطح جديدة من الصخر لفعل عوامل التجوية الكيماوية .

٢- تجوية كيميائية Chemical Weathering

وهى تحولات كيميائية هامة منها الذوبان والأكسدة والإختزال والكربنة وهذه التحولات الكيميائية فى المعادن الأولية للصخور تؤدى إلى تكوين معادن ثانوية جديدة لم تكن موجودة فى الصخر الأصلى .

ونتيجة لهذه العمليات تتكون الأراضى التى تعكس صفاتها الكيماوية

والمعدنية الصفات الأصلية للصخر الأم وما حدث له من تغيرات . والمعادن التى ترثها الأراضى من الصخر النارى الأصلى تسمى معادن أولية . أما المعادن التى تكونت أثناء التجوية وتكون الأراضى فتسمى بالمعادن الثانوية .

ونظرا لأن عمليات التجوية تزداد فاعليتها بزيادة السطح النوعى للحبيبات فنجد أن المعادن الثانوية ترتفع نسبتها فى الجزء الناعم من الأرض الأقل من 2 ميكرون مثل معادن الطين بينما تتركز المعادن الأولية مثل الفلسبارات والكزارتز والميكا فى جزء الخشن من الأرض كالرمل والسلت لهذا فإنه عند دراسة التركيب المعدنى للأراضى فإننا يجب أن نفرق بين تركيب الجزء الخشن (الرمل والسلت) وتركيب الجزء الناعم (والطين) .

**التركيب المعدنى للرمل والسلت**

حبيبات الرمل والسلت عبارة عن أجزاء صغيرة من الصخور أو المعادن الموروثة من الصخر الأصلى الذى نشأت منه الأرض ويطلق لفظ الرمل Sand على الحبيبات التى تقع قطرها بين 0.05-0.02 مم ومن الناحية المعدنية فإن الرمل والسلت يحتوى على معادن السليكا والفلسبار والميكا والأمفيبولات بالإضافة إلى مركبات ومعادن ثانوية نتجت من عمليات التجوية الكيماوية مثل الأكسيد والأيدروكسيدات خاصة أكاسيد الحديد والألومنيوم .

**والمعادن الشائعة فى التركيب المعدنى للرمل والسلت هى :**

**١ – معادن السليكا Silica [$SiO_2$]**

وهذه المعادن لا تحتوى على أى عناصر غذائية ولكنها تسهم فى تكوين الهيكل العام للأرض وتنقسم هذه المعادن إلى قسمين رئسيين :

أ – معادن السليكا المتبلورة Crystalline Silica

والمعادن المتبلورة للسليكا عموما تتبع السليكات الإطارية وهى تجمعات

تتراهيدرية ممتدة فى ثلاث أبعاد مثل الكوارتز Quartz ، والكريستابوليت Crystabolite ، والسليكا المتبلورة لها التركيب الكيماوى لثانى أكسيد السليكون النقى [ 46.7% سليكون ، 53.3% أكسجين] ولا تذوب فى الماء ولا الأحماض العادية ولكنها تذوب فى حامض الهيدروكلوريك .

ب- معادن السليكا غير المتبلورة (الأمورفية) Amorphous Silica

مثل الأوبال opal وتركيبة $SiO_2 .nH_2O$ والسليكا الأمورفية مثل السليكا جل . وتعتبر معادن السليكا عموما مقاومة للتجوية (ذوبان الكوارتز فى الماء 0.0006%) لذلك فهى تكون نسبة كبيرة من حبيبات الرمل والسلت .

**٢- معادن الفلسبارات Feldspars**

تشكل الفلسبارات نسبة كبيرة من المعادن المكونه للصخور ولذا فإن تواجدها فى الأرض تعتبر أمر بديهيا وتنتمى الفلسبارات من ناحية التركيب البنائى إلى مجموعة السليكات الإطارية ولكن مع وجود إحلال متماثل لبعض السليكا بكاتيون مماثل فى الحجم مثل الألومنيوم .

وتختلف الفلسبلرات فى تركيبها حسب نوع القواعد الموجودة فيها بوتاسيوم أو صوديوم أو كالسيوم وتقسم إلى قسمين :

أ- أورثوكلاز Orthoclase

ويتبعه أربعه معادن لها نفس التركيب الكيماوى $kAlSi_3O8$ لكن تختلف فيما بينها فى الشكل البللورى وهذه المعادن هى الأورثوكلاز وميكروكلين والساندين والأديولاريا .

ب- بلاجيوكلاز Plagioclase

وتعرف بإسم معادن الفلسبار الصودية الكلسية وتكون سلسلة كاملة من

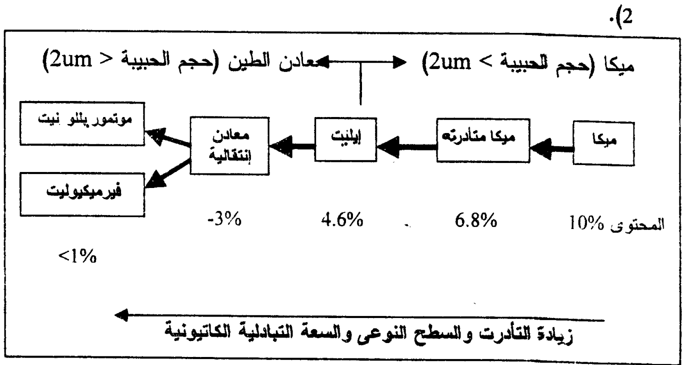
الأشكال المتشابهة فى البناء البللورى تتدرج فى التركيب الكيميائى من الألبيت $NaAlSi_3O_8$ إلى الأنورثيت $CaAl_2Si_2O_8$ .

وتعتبر الفلسبارات ذات أهمية كبيرة فى التركيب المعدنى للأراضى حيث أنها تعتبر مصدرا لعناصر هامة مثل البوتاسيوم والكالسيوم التى تنفرد منها عند تحللها بفعل عوامل التجوية الكيميائية .

**٣- معدن الميكا Micas**

وتتبع هذه المعادن مجموعة السليكات الورقية والصفائحية Phyllosilicates وتتركب هذه المعادن كيميائيا من سليكات الألومنيوم من البوتاسيوم والهيدروكسيل وكذلك المغنسيوم والحديد ، وأكثر أنواع الميكا شيوعا فى الأرض هى :

الميكا البيضاء أو المسكوفيت Muscovite ، والميكا السوداء أو البيوتيت Biotite . وتعتبر معادن الميكا من المعادن الهامة جدا فى الأراضى الزراعية حيث أنها تمثل مصدارا هاما لعنصر البوتاسيوم كذلك فإن تحلل معادن الميكا يؤدى إلى تكوين معادن الطين ذات الأهمية الكبرى فى الأراضى (شكل رقم 1-2).




**شكل رقم (2-1): تحولات معادن الميكا**

**٤ – البيروكسينات والأمفيبولات Pyroxenes and Amphipoles**

البيروكسينات والأمفيبولات عبارة عن مجموعتين من المعادن الحديد مغنسيومية Ferromagnesium وتركيبها يتكون من سلاسل فردية من تتراهدارت السليكا فى حالة البيروكسينات أما الأمفيبول فيتكون من سلاسل مزدوجة متوازية يربطها ببعضها كاتيونات مثل الكالسيوم والمغنسيوم والحديد وأحيانا الصوديوم والليثيوم والألومنيوم والمنجنيز ونظرا لتعدد أنواع الأيونات التى توجد فى تركيب هذه المعادن ولأن معدل تجوية البيروكسينات والأمفيبولات يعتبر معدلا مناسبا فإن هذه المعادن تعتبر مصدار هاما للكثير من العناصر النادرة وأيضا الكالسيوم والمغنسيوم .

ومعدن الأجيت $Ca\ (Mg, Fe, Al)\ (SiAl_2)\ O_6$ يعتبر أكثر معادن البيروكسينات أهمية وشيوعا فى الأراضى ، ومعادن الهورنبلند Hornblende وتركيبها الكمياوى :

$$(Na, Ca)_2\ (Mg, Fe, Al)_5\ (Si, Al)_8\ O_{22}\ (OH)_2$$

ومن أكثر معادن الأمفيبولات شيوعا فى الصخور النارية والأراضى الناتجة فيها وهو يتحلل بسرعة مناسبة خلال عمليات التجوية المختلفة وتنطلق منه العناصر منفردة .

**٥ – الأوليفينات Olivines**

تتكون الأليفينات $(Mg. Fe)_2\ SiO_4$ بنائيا من تتراهيدرات فردية مستقلة ولا يوجد بها إحلال متماثل وترتبط هذه التتراهيدرات الفردية من خلال كاتيونات أخرى مثل الحديد والمغنسيوم وعنها تتحلل المعادن الأوليفين فمنها تنتج معادن طين غنية بالحديد ونظرا للسهولة التى تتحلل بها معادن الأوليفين خلال عمليات التجوية فإنها تسهم فى خصوبة الأراضى التى تتواجد فيها .

**٦- معدن التورمالين Tourmaline**

وهو من معادن السليكات الحلقية وتركيبة :

$Na (Mg, Fe)_3 Al_6 (BO_3)_3$ ويعتبر هذا المعدن ذو أهمية خاصة وجهة نظر كيمياء الأراضى وتغذية النبات لإحتوائه على عنصر البورون .

**٧- الأكاسيد**

الأكاسيد غير المتبلورة تكون فى صوره مساحيق مغلفة لحبيبات الرمل والسلت وكذلك تغلف حبيبات الطين وفيما يلى أمثلة لبعض المعادن التى تتواجد فى الجزء الخشن من الأراضى .

- أكاسيد الألومنيوم مثل كوراندم $Al_2O_3$ .
- أكاسيد التيتانيوم $TiO_2$ مثل الأناتيز Anatase .
- أكاسيد الحديد مثل الماجنيت $Fe_3O_4$ والهيماتيت $Fe_2O_3$ .

**٨- معادن غير سليكاتية**

أ- معادن الكبرتيات والكبريتيدات

من أهم معادن الكبريتات فى الأراضى هو معدن الجبس Gypsum وتركيبة $Ca SO_4 .2H_2O$ ويتراكم فى أراضى المناطق الجافة وشبة الجافة ومن أمثلة معدن الكبريتيدات معدن البيريت Pyrite وهو عبارة عن كبريتيد حديد وقد يأتى إلى الأراضى من عملية إختزال الحديديك والكبريتات .

ب- معادن الفوسفات Phosphates

وأشهرها معادن مجموعة الأباتيت وتركيبها العام :

$Ca_{10} (F, OH, Cl)_2 (PO_4)_6$ ومعادن هذه المجموعة تكون سلسلة من الأشكال المتشابهة بلوريا وتختلف كيميائيا فى إحلال الكلور ةالفلور

والهيدروكسيل محل بعضهم فى البناء كما يلى :

معدن الفلور أباتيت Fliuorapatite $Ca_{10}\,Fe\,(PO_4)_6$

معدن كلور أباتيت Chorapatite $Ca_{10}Cl_2\,(PO_4)_6$

معدن هيدروكسى أباتيت Hydroxyapatite $Ca_{10}\,(OH)_2\,(PO_4)_6$

ج- معادن الكربونات Carbonates

وأكثر معادن الكربونات شيوعا فى الأراضى هو معدنى الكالسيت Calcite $CaCO_3$ والدولوميت $MgCO_3$ . $CaCO_3$ وكذلك توجد معادن الماجنزيت $Mg\,CO_3$ والسيدريت $Fe\,CO_3$ ولكنها أقل شيوعا فى الأراضى .

**التركيب المعدنى للجزء الناعم من الأراضى**

يطلق على الجزء الناعم من الأراضى الأقل من 0.002 مم اسم الطين Clay ويتركب الطين من حبيبات تختلف فى تركيبها الكيماوى والمعدنى وتنتهى إلى أكثر من مجموعة من المركبات والمعادن المختلفة إلا أنه يوجد مجموعة من المعادن يطلق عليها اسم "معادن الطين" تشكل نسبة كبيرة من حبيبات الطين المتبلورة . ونظرا لأهمية هذه المعادن فسوف نتكلم عنها بشئ من التفصيل فى الصفحات المقبلة حيث أن دراسة الطرين تعتبر هامة جدا للأسباب الآتية :

**أولا:** يدخل الطين فى تفاعلات كيمائية هامة نتيجة لخواصه الكهروكيميائية مثل تبادل الأيونات وتثبيت الأيونات والتى تعتبر ذات أهمية كبيرة فى دراسة تغذية النبات .

**ثانيا:** يؤثر الطين على الخواص الطبيعية للأراضى مثل النفاذية والبناء وذلك لما له من صفات خاصة مثل الانفتاح والتجمع والانتشار .

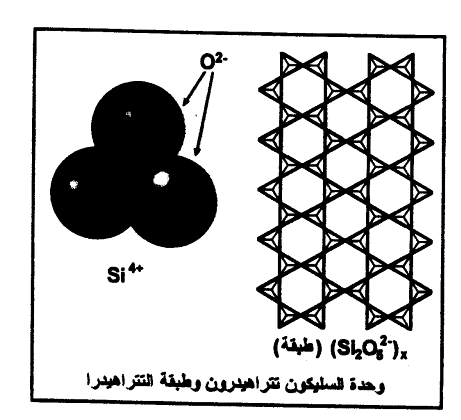
رابعا: تعتبر معادن الطين فى حد ذاتها مصدار لبعض العناصر اللازمة لنمو النباتات خاصة العناصر الدقيقة مثل الزنك والنحاس والمنجنيز .

**التركيب البنائى لمعادن الطين Structural chemisty of clay minerals**

تتبع معادن الطين مجموعة السليكات الصفائحية Phyllosilicates لذا فهى تتميز بتكوينها من طبقات Sheets فوق بعضها وهذه الطبقات تتكون من وحدات أساسية بسيطة هى وحدة التتراهيدرا ووحدة الأوكتاهيدرا كما يلى :

**١- طبقة التتراهيدرا**

وتتكون من وحدات سليكا نتراهيدرا متصلة مع بعضها خلال ثلاث ذرات أكسجينية فى الأتجاهين الموازين لسطح الورقة ولا يتمدد فى الأتجاه المتعامد والرمز العام لوحدة الخلية هو $Si_2O_5$ (شكل رقم 2-2) .



وحدة السليكون تتراهيدرون وطبقة التتراهيدرا

شكل رقم (2-2): يبين وحدة السليكون تتراهيدرون وطبقة التتراهيدرا

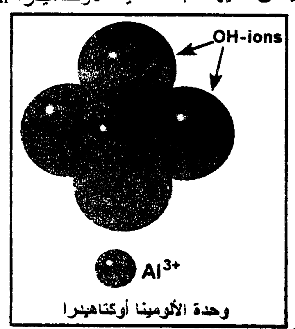
وإذا نظرنا إلى سطح الصفائح نجد أن التتراهيدرات مرتبة فى حلقات سداسية تترك بينها فراغات سداسية Hexacgonal cavities نصف قطرها حوالى 1.35 انجستروم وهذه الفجوات تناسب نصف قطر أيون البوتاسيوم (1.33 أنجستروم) ولذا نجد أن أيون البوتاسيوم يدخل فى تركيب عدد كبير من هذه المجموعة .

**٢- طبقة الأوكتاهيدرا**

وهذه الطبقة تتكون من تكرار وحدات الأوكاهيدرا فى إتجاهين ويوجد نوعان من طبقات الأوكتاهيدرا :

أ – طبقة أوكتاهيدرا الألومنيا (Gibbsite) فى هذه الطبقة يكون الأيون المركزى هو أيون الألومنيوم الثلاثى التكافؤ وبالتالى يحتاج البناء إلى أيونين الألومنيوم والرمز العام للوحدة هو $Al_2 (OH)_6$ وتسمى هذه الطبقة ثنائية الأوكتاهيدرا Dioctahedral أى أن هناك أيونين فقط من الأمونيوم فى كل ثلاث مواقع أوكتاهيدرية والثلث الأخر خاليا .

ب– طبقة أوكتاهيدرا المغنسيوم Brucite وفيها يشغل المغنسيوم الثنائى فراغات الأوكتاهيدرا كلها أى تتواجد أيونات المغنسيوم فى كل ثلاث مواقع أوكتاهيدرية ولذا يطلق عليها طبقة ثلاثية الأوكتاهيدرا Trioctahedral .




شكل رقم (2-3) : يبين وحدة الألومنيا أوكتاهيدرا

سبق أن ذكرنا أن وحدات التتراهيدرا تتصل ببعضها خلال ثلاث ذرات أوكسجين ويظل الأوكسجين الموجود بالقمة بدون إشتراك . ولما كان الأوكسجين يميل إلى التعادل الكهربائى فإنه يشترك مع الألومنيوم فى طبقة الأوكتاهيدرا ويصبح تركيب الطين عبارة عن طبقات مترامه فوق بعضها من صفائح تتراهيدرا السليكون وأوكتاهيدرون الألومنيوم فإذا تكون المعدن من طبقة من طبقة سليكا واحدة وطبقة أوكتاهيدرا واحدة سمى معدن ١:١ وإذا تكون من طبقتين من السليكا بينهما طبقة من الأوكتاهيدرا سمى معدن ١:٢ وهكذا نجد أن معادن الطين المهمة تتكون بهذه الطريقة والجدول (2-1) يوضح معادن الطين المهمة الموجودة فى الأراضى والتى تتبع مجموعة السليكات الصفائحية .

جدول (2-1): معادن الطين الهامة التابعة لمجموعة السليكات الصفائحية

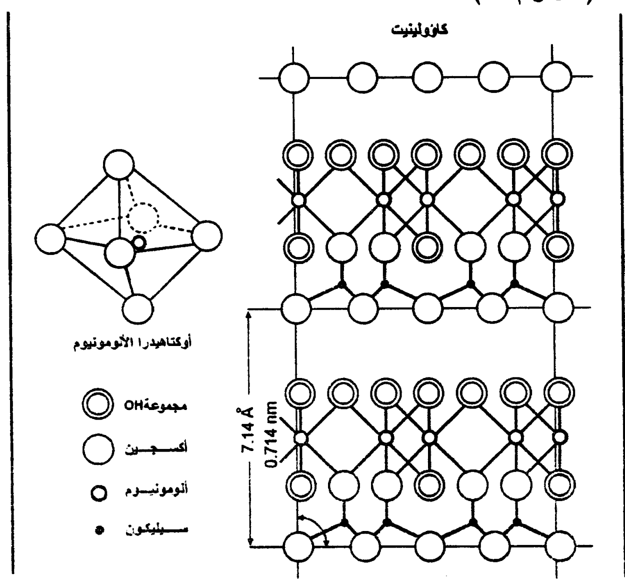
| نوع المعدن | اسم المجموعة | الشحن لكل وحدة | المعادن الشائعة |
|---|---|---|---|
| 1:1 | كاؤرلينيت – سيرنيتين . | ~ 0 | كاؤولينيت – هاللوبسيت كريزوتيل . |
| 2:1 | بيروفيليت – تلك | ~ 0 | بيروفيليت وتلك |
| | سمكيت – مونتموريللوتيت . | 0.25-0.6 | مونتموريللونيت. |
| | ميكا | ~ 1 | مكسوفيت – باراجونيت بيوتيت . |
| | ايليت | 2 | ايليت |
| | فيرميكيوليت | 0.6-1.9 | فيرميكبوليت |
| 2:1:1 | كلوريت | مختلفة | كلوريت |
| سلسلة | Palygorskite-sepiolite | - | باليجورسكيت– سيبوليت |

المصدر Mackenzie (1975) .

**معادن الطين الفيللوسليكاتية الهامة فى الأراضى Phyllosilicates**

**معادن مجموعة الكاؤلينيت Kaolinite group (معادن 1:1)**

تعتبر معادن الكاؤولينيت هى عبارة عن ألومينا سليكات متأدرته وتركيبها الكميائى العام هو $Al_2 (Si_2O_5) (OH)_4$ . وتعتبر معادن ثنائية الأوكتاهيدرا أى أن ثلثى المواقع الأكتاهيدرية مشغولة بالألومنيوم وتتكون من طبقة نتراهيدرا السليكا وطبقة أوكتاهيدرا الألومنيوم متحدتين مع بعضهما لتكوين وحدة التركيب ووحدات التركيب الطبقية تكون ممسوكة ببعضها بواسطة الرابطة الهيدروجينية وينتج عن ذلك وجود مسافة ثابتة بين وحدات التركيب الطبقية (شكل رقم 2-4) .




**شكل رقم (2-4): يبين التركيب البنائى للكاؤولينيت**

وتتميز معادن هذه المجموعة بالآتى :

١- لا تتمدد فى الماء لوجود رابطة هيدروجينية بين الوحدات .

٢- لا يوجد إحلال متماثل فى هذه المعادن .

٣- السعة المتبادلية منخفضة جدا وتتراوح بين 10-1ملليمكافئ/100جم.

٤- سمك الطبقة المميزة فى أشعة إكس هو 7 أنجستروم .

٥- لا يتم تكسيرها بسهولة لأن الطبقات ممسوكة ببعضها بقوة .

**معادن الهالويسيت Halloysite**

وهذه المعادن لها نفس تركيب معادن الكاؤولينيت إلا أنها تحتوى على طبقتين أو أكثر من الماء ممسوكة برابطة هيدروجينية بين الطبقات وعلى ذلك فالمسافة بين وحدات التركيب تساوى 10-1أنجستروم .

وتتميز معادن هذه المجموعة بالآتى :

١- تكون على شكل أنابيب قصيرة وغليظة وهذا راجع إلى تلوى المعدن نتيجة إحتوائه على جزيئات الماء بين طبقاته .

٢- لا يوجد إحلال متماثل بهذه المعادن .

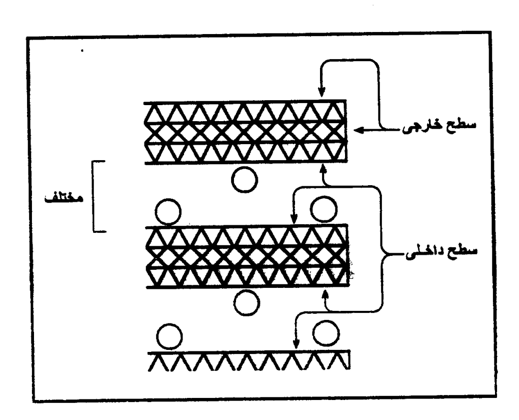
٣- السعة المتبادلية منخفضة (10-1)مليمكافئ/100جم .

**معادن المونتموريللونيت (معادن متمددة 1-2)**

**Montmorillonite (Expanding 2:1 layer clays)**

ويطلق على مجموعة هذه المعادن أحيانا إسم سمكتيت Smectites وتختلف معادن هذه المجموعة إختلافا كبيرا فى تركيبها الكيمياوى وعادة ما يعبر عن الرمز العام لها بالرمز التالى $Al_2 O_3. 4SiO_2. H_2O + xH_2O$ . وتعتبر هذه المعادن مهمة جدا فى الأراضى نظرا للدور الكبير الذى تقوم به فى

التفاعلات التى تحدث فى الأرض مثل تبادل الأيونات والتمدد والأنكماش ومعدن المونتموريللونيت هو معدن ثنائى الأوكتاهيدرا أى يوجد الألومنيوم الثلاثى والحديد الثلاثى فى الأوكتاهيدرا وتختلف الآراء حول بناء المونتموريللونيت والمتفق عليه أن هذا المعدن يتكون من طبقة من الألومنيا أوكتاهيدرا محصورة بين طبقتين من السليكاتتراهيدرا وقوة الرابطة بين الطبقتين تكون ضعيفة نسبيا مما يؤدى إلى وجود مسافات بينية Intermicellar spaces تختلف بإختلاف المحتوى المائى (شكل رقم 2-5) .




شكل رقم (2-5): رسم تخطيطى يوضح التركيب البنائى لمعدن المونتموريللونت

وتتميز معادن المونتموريللويت بالآتى :

١- لا يوجد إحلال متماثل فى طبقة نتراهيدرا السليكا .

٢- له سعة تبادلية عالية120-80 مليمكافئ/100جم ومصدر السعة التبادلية هو الأحلال المتماثل فى طبقة الأوكتاهيدرا .

٣- تنتفخ فى الماء وتمتص أربعة طبقات من جزيئات الماء أو أكثر .

٤- لا تثبت هذه المعادن البوتاسيوم لإنخفاض شحنتها وكذلك لأنه مصدر شحنتها يكون فى طبقة الأوكتاهيدرا البعيدة عن السطح .

٥- ينتج عن إنكشاف الأسطح الداخلية والخارجية للمعدن نتيجة للتمدد سطح نوعى كبير يصل إلى 800-700 متر مربع /جم .

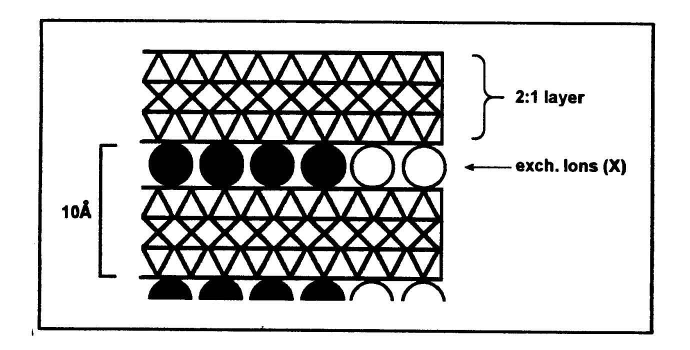
**معادن الإيليت (غير متمددة 2:1)**

**Illites Nonexpanding 2:1 layer clays**

تعتبر معادن هذه المجموعة م المعادل الميكائية إلا أنها معادن ثانوية تكونت نتيجة التغيرات فى التركيب الميكا الأولية الموجودة فى الصخور النارية ويطلق إسم إليت على مجموعة المعادن الميكائية الموجودة فى الرواسب الطينية ويرى كشك 1972 أن الإيليت هو إصطلاح يعبر عن خليط من حبيبات صغيرة لمعادنميكا متعددة المصادر والتركيب فقدت جزء كبيرا من البوتاسيوم لموجود بين طبقاتها نظرا لطبيعتها ثنائية الأوكتاهيدرا فإن هذه المعادن مازالت تحتفظ بالبناء المتضاغط المميز للميكا الأولية وتعطى بعدا بلوريا ثابتا هو ١٠ أنجستروم ويرى أخرون أن سلسلة من معادن الإيليت تتواجد بين المسكوفيت والمونتموريللوينت .

$H_2KAl_3\ Si_3O_{12} \longleftrightarrow Al_2\ O_3\ 4SiO_2.H_2O + xH_2O$

Muscovite — illite. Series — Montmorillonit




**شكل رقم (2-6): رسم تخطيطى يوضح بناء الإيليت**

تتميز معادن الإيليت بالآتى :

١- معادن غير متمددة نظرا لوجود البوتاسيوم بين الطبقات مما يؤدى إلى مسك الطبقات بشدة أكبر من المونتموريللونيت .

٢- ينفرد البوتاسيوم المثبت بين طبقات هذا المعدن ببطء ويشكل مصدرا دائما للبوتاسيوم .

٣- السطح النوعى 120-70 متر مربع/جرام .

٤- السعة التبادلية الكاتيونية 40-20 ملليمكافئ/100جم .

**معادن الفيرميكيوليت Vermiculite minerals**

وهذه المعادن تشتق من الميكا سواء ثنائية الأوكتاهيدرا أو ثلاثية الأوكتاهيدرا باستبدال البوتاسيوم الموجود بين الطبقات ودخول أيونات متأدرتة

مثل المغنسيوم مما يؤدى إلى تمدد المعادن ولكن نظرا لإرتفاع شحن الفيرمبكيوليت فإن التمدد يكون محدودا .

والرمز الكيماوى العام لهذه المعادن هو $Mg_3 Si_4O_{10} (OH)_2xH_2O$ .

وتتميز هذه المعادن بالآتى :

١- قدرة عالية على تثبيت البوتاسيوم .

٢- سعه تبادلية عالية 150-220 ملليمكافئ/100جم .

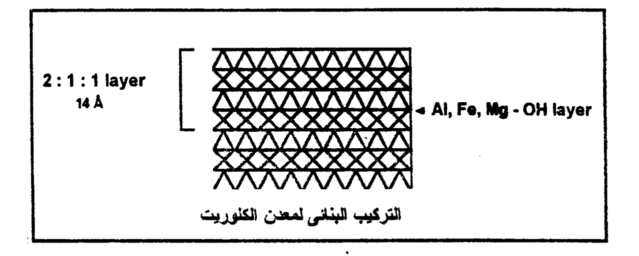
٣- سطح نوعى كبير .

**معادن الكلوريت (معادن 2:1:1) Chlorites (2:1:1 layer clays)**

وهذه المعادن عبارة عن سليكات الحديد والمغنسيوم والألومنيوم المائية وتتميز بلون أخضر ويتبع مجموعة السليكات الصفائحية 2:1:1 أى أنها تتكون من طبقتين من السليكا بينهما طبقة من الأوكتاهيدرا ثم طبقة من البروسيت (أوكتاهيدرا المغنسيوم) شكل 2-7 .

والتركيب الكيماوى العام لهذا المعدن هو

$(Mg, Fe, Al)_6 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_8$




**شكل رقم (2-7): يوضح التركيب البنائى لمعدن الكلوريت**

وتتميز هذه المعادن بالأتى :

١- سعة تبادلية كاتيونية منخفضة (10-40 ملليمكافئ/100جم أرض) .

٢- السطح النوعى يتراوح بين 20-150 متر مربع /جم .

٣- يحدث الأحلال المتماثل فى كل من طبقتى الأوكتاهيدرا والتتراهيدرا .

**الشحنة السطحية لمعادن الطين Surface Charge of Clay Minerals**

**مصادر الشحن السالبة فى معادن الطين**

**Origin of Negative Charge in Soil Clays**

تتكون الشحنات على سطوح معادن الطين وذلك كنتيجة للإحلال المتماثل Isomorphic substitution وتأين مجاميع الهيدروكسيد على حواف المعادن وهذين العاملين هما أيضا المسئولين عن الشحنات الدائمة والشحنات المتوقفة على درجة حموضة التربة .

**(١) الإحـــلال المتماثل Isomorphous substitution**

لقد سبق توضيح مايقصد بالإحـــلال المتماثل وهو بإختصار إكتساب البلورات شحنات سالبة عندما يحل أيون موجب منخـــفـض التكافــؤ محـــل أيون مرتـــفع التكافــؤ فى التركيب البلورى على أن يكون حجم الأيون الذى يقوم بالإحلال مقاربا لحجم الأيون الأصلى المستبدل وذلك فى حـــدود 15% وأن يكون الإحلال فى التكافؤ بمقدار وحـــدة واحـــدة فقط (Paton, 1978) وتعتبر الشحنة الناتجة من هذا النوع هى شحنة دائمة لاتتغير بتغير درجة حموضة الـــتـــربـــة .

ومثال ذلك هو إستبدال أيون السليكون فى التتراهيدرون بأيون ذو حجم مناسب غالبا مايكون الألونيوم Al وأيضا فى طبقة الأوكتاهيدرا يمكن أن يحل المغنسيوم محل الألونيوم بدون أن يحدث تغيير فى تركيب البلورة .

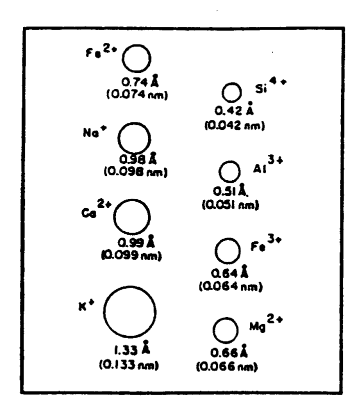
**(٢) إنحــــلال مجاميع الهيدروكسيل**

**Dissociation of Exposed Hydroxyl Groups**

وجود مجاميع الهيدروكسيل (OH) على الحواف البلورية يمكن أن يكون مصدرا للشحن السالبة فى معادن الطين وخاصة عند درجات pH العالية حيث ينحل الهيدروجين (H) فى مجاميع الهيدروكسيل (OH) وبذلك يصبح معدن الطين محملا بشحن سالبة مصدرها الأكسيجين فى مجاميع الهيدروكسيل أما فى الوسط الحامضى فنجـد أن مـجـاميع الهـيدروكســيل يمكن أن تـتـفـاعل كقــواعـد عن طريق إكتساب بروتونات وبالتالى تكتسب شحن موجبة أى أن نوع الشحنة يتوقف على درجة حموضة الوسط ولذلك يطلق على مثل هذه الشحنات أسم الشحنات المتوقفة على درجة حموضة الوسط pH dependent charge وتفاعلات الإنحلال وإكتساب البروتونات يمكن توضيحها فى التفاعلات التالية :

Alkaline media $\quad - Si - OH + OH^- \rightleftarrows Si - O^- + H_2O$

Acid media $\quad - Al - OH + H^+ \rightleftarrows - Al - OH_2^+$




**شكل (2-8) : أنصاف أقطار بعض الكاتيونات الشائعة الوجود فى الأراضى**

وتعتبر أيونات $H^+$ ، $OH^-$ والمسببة لتطور الشحنات على السطح هى أيضا المسئولة عن الجهد الكهربائى للسطوح Electric surface potential ولذلك يطلق على هذه الأيونات أسم الأيونات المحـــددة للجهد وتصبح قيمة الشحنة السطحية صفر عند تساوى كثافة الشحنات الســطحية الموجـــبة مع كثافة الشـــحنات الســـطحية السالبة . ويطلق على درجة الحموضة التى عندها يحدث تساوى للشـــحـــنـــات السالبة والموجـــبـــة فى التربة أســـم Isoelectric Point أو Zero Point of Charge وتعتبر الروابط المكسورة على حواف المعدن هى المصدر الأساسى للسعة التبادلية الكاتيونية لمعادن الطين 1 : 1 مثل الكاذرليت والهالويسيت وأيضا لأكاسيد الحـــديد والألمونيوم.

**السعة التبادلية الكاتيونية لمعادن التربة الثانوية**

**Cation Exchange Capacities of Secondary Soil Minerals**

يتم تعادل الشحنات السالبة الموجودة على المعادن وذلك بواسطة شحن

موجبة فى صورة كاتيونات متبادلة . وظاهرة التبادل الكاتيونى والأيونى فى التربة سوف يتم مناقشتها فيما بعد ونجد أنه من المفيد أن نناقش هنا السعة التبادلية الكاتيونية لبعض المعادن الثانوية الهامة فى التربة حيث أن جزء كبير من السعة التبادلية الكاتيونية للتربة يرجع أساسا إلى المعادن الثانوية فيها . والسعة التبادلية الكاتيونية للمعادن لها أهمية كبرى فى إدمصاص المواد العضوية وغير العضوية .

يوضح الجدول (2-2) السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) لبعض المعادن الثانوية الهامة فى التربة . ونجد أن CEC للكاؤولينيت تتراوح بين 15-2 $cmol\ kg^{-1}$ وهذا يتوقف على درجة نقاء المعدن ودرجة ألـ pH التى يتم قياس السعة التبادلية الكاتيونية عندها . فإذا كانت درجة النقاء كبيرة نجد أن CEC يجب أن تكون قليلة $< 2\ cmol\ kg^{-1}$ وذلك لأن الإحلال المتماثل فى هذا المعدن قليلة . وغالبا مايتواجد بعض المعادن الأخرى مثل سمكتيت والميكا وفيرميكيوليت مع معدن الكاؤولينيت بنسبة تتراوح من 0.1-10% . والسبب الآخر لإرتفاع CEC لمعدن الكاؤولينيت هو وجود شحن سالبة ناتجة من وجود مجاميع AlOH على حواف المعدن .

وأيضا معدن الهالويسيت يمكن أن تكون السعة التبادلية الكاتيونية المقدرة أعلى مما هو متوقع على الرغم من عدم وجود الإحلال المتماثل فى هذا المعدن ويرجع ذلك أحيانا إلى وجود الألوفانات Allophane ( له CEC عالى ) مصاحبا للهالويسيت أو وجود كميات كبيرة من أيونات البوتاسيوم والأمونيوم $NH_4^+$ المتبادلة بين طبقات المعدن.

والسعة التبادلية الكاتيونية لمعادن المونتيموريللونيت تكون عالية نتيجة للإحلال المتماثل فى هذا المعدن وأيضا لمقدرة طبقاته على التمدد بما يسمح بمزيد من التبادل الأيونى .

أما السعة التبادلية الكاتيونية لمعادن الميكا فنجد أنها منخفضة وذلك نتيجة وجود البوتاسيوم المتبادل بين الطبقات مما يؤدى إلى معادلة بعض الشحنات السالبة فى المعدن. أيضا يتميز معدن الكلوريت Chlorite بإنخفاض السعة التبادلية الكاتيونية نتيجة لوجود طبقة البروسيت $Mg(OH)x$ التى تحمل شحنة موجبة . أما الألوفان Allophane فيمتاز بإرتفاع سعة التبادلية الكاتيونية نتيجة إحلال $Al^{+3}$ محل $Si^{4}$ ووجود العديد من الحواف المكسورة .

**جدول (2-2): السعة التبادلية الكاتيونية لبعض معادن التربة الثانوية**

| المعـــــــدن | السعة التبادلية الكاتيونية (cmol / kg) |
|---|---|
| كاؤولينيت | 2 - 15 |
| هالويسيت | 10 - 40 |
| مونتموريللونيت | 80 - 150 |
| تـلــك | < 1 |
| فيرميكيوليت ثنائى الأوكتاهيدرا | 10 - 150 |
| فيرميكيوليت ثلاثى الأوكتاهيدرا | 100 - 200 |
| كلـــوريت | 10 - 40 |
| الوفـــان | 5 - 350 |




# الخواص الكيميائية لغرويات التربة

- التبادل الكاتيونى.
- التبادل الأيونى.
- تفاعل التربة (pH).
- السعة التنظيمية للتربة.




# الخـواص الكيمـيائية لغـرويات التربة

# Chemical Properties of Soil Colloides

غرويات التربة هى التى تحدد الخواص الكيميائية للتربة . ويعرف الغروى Colloid بأنه أى مادة صلبة ذات حجم صغير جدا ولذلك فإن خواص السطوح بها تكون أكثر أهمية من وزنها وأغلب الغرويات لاتتعدى أقطارها بضعة ميكرومترات (Microns) ونظرا لكبر نسبة السطح إلى الكتلة فى غرويات التربة Soil colloids نجد أن العديد من التفاعلات الكيميائية تحدث على سطوحها وهذه التفاعلات هى التى تحدد خواص التربة . وغرويات التربة السائدة تنحصر فى معادن الطين والهيوس Humus . ويؤثر الطين والهيوس على الخواص الكيميائية للتربة بدرجة أكبر بكثير من حبيبات الرمل والسلت وقد سبق وأن تناولنا بالشرح فى فصول سابقة التركيب المعدنى للطين

**التبادل الكاتيونى Cation Exchange**

يعرف التبادل الكاتيونى بأنه التبادل الذى يحدث بين كاتيون فى المحلول

وكاتيون آخر موجود على سطح يحمل شحنة سالبة مثل سطوح غرويات الطين أو الغرويات العضوية .

**ميكانيكية التبادل الكاتيونى The Mechanisms of Cation Exchange**

تجذب السطوح الغروية المحملة بشحنة ما أيونات مخالفة لشحنتها من المحلول الأرضى . ولما كانت الشحنة السائدة على غرويات التربة هى الشحنة السالبة لذلك فإن سطوح هذه الغرويات تـــجذب الأيونات موجبة الشحنة والموجـــودة فى المحـــلـــول الأرضى. ولتوضيح التبادل الكاتيونى على شكل معادلة فسوف نعطى غرويات التربة سواء طينية أو هيومس رمز مستطيل وهذا المستطيل يمثل سطوح الغرويات التى تحمل شحنات سالبة . هذه الشحنات السالبة تجذب أيونات موجبة الشحنة (الصوديوم) لمعادلة الشحنات السالبة . وعند وضع الغرويات وماتحمله من كاتيونات الصوديوم (معقد التبادل) فى محلول يحتوى على كلوريد بوتاسيوم (KCl) يحدث تفاعل التبادل الكاتيونى التالى :

| $Na^+$ $Na^+$ [غـــــروى التـــربة] $Na^+$ | $+ 3KCl$ | $\rightleftarrows$ | $K^+$ $K^+$ [غـــروى التـــربة] K | $+ 3NaCl$ |
|---|---|---|---|---|
| | in solution | | | in solution |

يحل البوتاسيوم الموجود فى المحلول محل الصوديوم المدمص على سطح غرويات التربة أى يحدث تبادل بين البوتاسيوم الموجود فى المحلول والصوديوم الموجود على سطوح غرويات التربة وينتج عن ذلك أن غروى التربة يصبح محملا بكاتيونات البوتاسيوم ويتحول المحلول إلى كلوريد صوديوم ويتم التبادل الكاتيونى على أساس التكافؤ الكيميائى أى أن كاتيون

واحد أحادى التكافؤ يحل محل كاتيون آخر أحادى التكافؤ أو إثنين كاتيون أحادى التكافؤ ($K^+$) يمكن أن يتبادلا مع كاتيون واحد ثنائى التكافؤ ($Ca^{2+}$) .

وكثير من الكاتيونات المدمصة على سطوح غرويات التربة يكون من الصعب إزالتها بالغسيل بالماء ولكن من السهل حدوث تبادل بينهم وبين كاتيونات أخرى موجودة فى المحلول الأرضى وعملية التبادل بين الكاتيونات يطلق عليها التبادل الكاتيونى Cation Exchange .

**أنواع وكميات الكاتيونات المتبادلة**

**Kinds and Amounts of Exchangeable Cations**

الكاتيونات التى تتواجد بكميات كبيرة على مواقع التبادل فى التربة هى الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والألومنيوم والهيدروجين وتتغير نسب هذه الكاتيونات على معقد التبادل تبعا لما يضاف للتربة من أسمدة أو جبس وأيضا لما يفقد من التربة سواء بالغسيل أو نتيجة لإمتصاص هذه الكاتيونات بواسطة النبات .

وتتوقف كميات وأنواع الكاتيونات المدمصة على سطوح غرويات التربة على تركيز الكاتيونات فى المحلول وأيضا على قوة جذب سطح الغروى لهذه الكاتيونات فكلما زاد تركيز كاتيون ما فى المحلول الأرضى كلما زادت الفرصة لإدمصاصه .

ويتوقف قوة جذب مواقع الإدمصاص للكاتيونات على تكافؤ الكاتيون وأيضا على قطر الكاتيون المتأدرت . فبالنسبة للكاتيونات مختلفة التكافؤ نجد أن الكاتيونات ثنائية التكافؤ تنجذب لسطوح غرويات التربة بدرجة أكبر من الكاتيونات أحادية التكافؤ أى أن الكاتيونات الثنائية تدمص بدرجة أكبر من الكاتيونات الأحادية لأن طاقة الإدمصاص للكاتيونات الثنائية تعادل ضعف طاقة الإدمصاص للكاتيونات أحادية التكافؤ .

أما بالنسبة للكاتيونات ذات التكافؤ الواحد فنجد أنه كلما قل قطر الكاتيون المتأدرت كلما زاد إدمصاصه وذلك لأن صغر الحجم يعطى فرصة للكاتيون للحركة والإقتراب بدرجة أكبر لمواقع الإدمصاص . والجدول رقم (3-1) يوضح قيم الأقطار المتأدرتة وغير المتأدرتة لأربعة كاتيونات مختلفة أحادية التكافؤ ونجد أن قوة الإدمصاص تكون بالترتيب التالى :

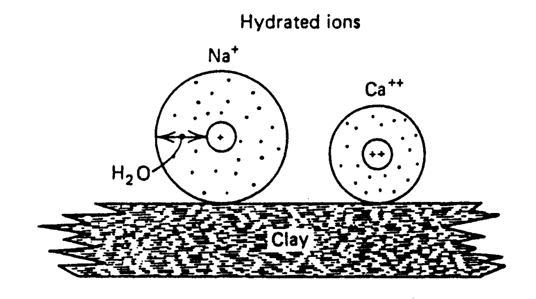
Rb > K > Na > Li

**جدول (3-1) : أقطار عدة أيونات أحادية التكافؤ وكفاءة التبادل**

| الأيـــون | قطـر الأيـون Nanometers | | ترتيب طاقة الإدمصاص |
|---|---|---|---|
| | غير المتأدرت | المتأدرت | |
| الليثيوم Li | 0.078 | 1.003 | 4 *th* |
| الصوديوم Na | 0.098 | 0.790 | 3 *rd* |
| البوتاسيوم K | 0.133 | 0.532 | 2 *nd* |
| الريبديوم Rb | 0.149 | 0.509 | 1 *st* |

ويلاحظ من الجدول (3-1) وجود علاقة عكسية بين القطر المتأدرت والقطر غير المتأدرت حيث أن جزيئات الماء تستطيع الإقتراب بدرجة أكبر من شحنة الأيون ذو القطر الأصغر لتواجد الشحنة فى مركز الأيون ولذلك فإن جزيئات الماء تنجذب بقوة أكبر للأيونات ذات الأقطار الصغيرة فتزداد عدد جزيئات الماء حول الأيونات صغيرة الحجم ويزيد تبعا لذلك القطر المتأدرت . أما فى حالة الكاتيونات المختلفة التكافؤ مثل الصوديوم ($Na^+$) والكالسيوم ($Ca^{2+}$) (شكل 3-1) نجد أن الكالسيوم يدمص بقوة أكبر من الصوديوم وذلك لأن (١) تكافؤه مثالى (٢) قطره المتأدرت أصغر .

أيضا يدمص الكالسيوم بقوة أكبر من الماغنسيوم والبوتاسيوم Ca > Mg > K > Na وهذا يفسر وجود الكالسيوم على مواقع التبادل فى التربة بكميات أكبر من البوتاسيوم والماغنسيوم والصوديوم .




شكل (3-1): أيونات الكالسيوم تدمص بدرجة أكبر من الصوديوم على سطوح الطين لصغر قطره المتأدرت ولتكافؤه الأعلى (Foth, 1990)

**أهمية التبادل الكاتيونى The Importance of Cation Exchange**

يعتبر التبادل الكاتيونى تفاعل هام جدا لما له من تأثير على خصوبة التربة وعلى قـيم pH التربة والخواص الفيزيائية للتربة كما أنه يستخدم كميكانيكية لتنقية المياه. يحصل النـبـات على كمـيـة كبـيرة من العناصـر الغـذائية مثل الكالسـيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم من الصور المتبادلة . والحقيقة أن إختبار خصوبة التربة للتنبؤ بمقدرة التربة على إمداد النبات بالبوتاسيوم هو عبارة عن قياس البوتاسيوم المتبادل فى التربة. ولذلك فإن التبادل الكاتيونى هام جدا فى التربة للإعتبرات التالية :

أ) البوتاسيوم والماغنسيوم المتبادلين هما المصدران الأساسيان لمد النبات بإحتياجاته من البوتاسيوم والماغنسيوم .

ب) مواقع التبادل الكاتيونى فى التربة تحمل أيونات الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والأمونيوم وبالتالى تقلل من فقدهم من التربة بواسطة الغسيل .

ج) مواقع التبادل الكاتيونى تحمل أيونات البوتاسيوم والأمونيوم عند إضافتهما للتربة كسماد وتقلل من حركتهما وبالتالى فقدهما .

د) مواقع التبادل الكاتيونى تدمص العديد من العناصر الثقيلة مثل النيكل والرصاص والتى تكون موجودة فى مياه الصرف الصحى وبالتالى تعمل على تنقية هذه المياه التى لاتلبث أن تصرف إلى المياه الجوفية وبالتالى يمنع التبادل الكاتيونى تلوث المياه الجوفية بهذه العناصر .

**الســعة التبادلية الكاتيونية Cation Exchange Capacity (CEC)**

هى كمية الكاتيونات المتبادلة على وحدة وزن من التربة الجافة معبرا عنها بالسنتيمول (+) centimoles لكل كيلوجرام تربة [cmol (+) / kg] ويستخدم تعبير centimoles لأن عدد مواقع الشحن السالبة على عينة التربة لايتغير بينما وزن العناصر التى تدمص على هذه المواقع قد يتغير . أى أن واحد سنتيمول centimole من الكاتيون χ يحتل نفس عدد مواقع التبادل التى يحتلها واحد سنتيمول من الكاتيون Y بينما لو أســتخدمنا وحدات الأوزان الكيمــيائيــة فإن 1جم من الكاتــيون χ لايحــتل نفس عدد مواقع التبادل التى يحتلها ١ جم من الكاتيون Y لذلك فإن التعبير عن السعة التبادلية الكاتيونية بالسنتيمول يمثل قيمة CEC واحدة بغض النظر عن نوع الكاتيونات المتبادلة.

| Units for Cation Exchange Capacity وحــدات الســعة التبادلية الكاتيونية | |
|---|---|
| الوحدات القــديــمـــة | الوحــــدات الحــديثة |
| 5 meq / 100g | = 5 cmol (+) $kg^{-1}$ of soil (= centimoles)<br>= 50 mmol (+) $kg^{-1}$ of soil (= millimoles)<br>= 50 mmol (½ $Ca^{2+}$) $kg^{-1}$ of soil (if Ca used)<br>= 50 mmol (⅓ $Al^{3+}$ $kg^{-1}$ of soil (if Al used)<br>= 50 mmol c $kg^{-1}$ (where "C" = one charge) |

وتختلف السعة التبادلية الكاتيونية من تربة إلى أخرى وذلك يتوقف على نوع معادن الطين الموجودة وكمية الطين فى التربة والجدول (3-2) يوضح السعة التبادلية الكاتيونية CEC لبعض أنواع الأتربة المختلفة . ويلاحظ من الجدول (3-2) أن قوام التربة له تأثيركبير على السعة التبادلية الكاتيونية للتربة حيث نجد أن CEC للتربة الرملية أقل بكثير جدا من CEC التربة الطينية .

**جدول (3-2) : العلاقة العامة بين قوام التربة والسعة التبادلية الكاتيونية**

| قــــوام التــربــة | السعة التبادلية الكاتيونية centimoles (+) per kg of soil |
|---|---|
| رملــــية | 1 - 5 |
| رملية لوميه | 5 - 10 |
| سلتية لوميه | 5 - 15 |
| طينية لوميه | 15 - 30 |
| طــــينية | > 30 |

وكمية الكاتيونات المتبادلة فى معظم الأتربة تكون كبيرة فهى تتراوح من عدة مئات إلى عدة آلاف الكيلوجرامات فى الهكتار (جدول 3-3) .

**جدول (3-3) : كمية الكاتيونات المتبادلة لكل 1 سنتيمول / كجم 1 centimole (+) / kg من السعة التبادلية الكاتيونية فى التربة**

| نوع الأيون على معقد التبادل | كجم / هكتار (عمق 30 cm) |
|---|---|
| $Ca^{++}$ | 800 |
| $Mg^{++}$ | 480 |
| $K^{+}$ | 1560 |
| $Na^{+}$ | 920 |
| $H^{+}$ | 40 |

وللدلالة على كبر كميات الأيونات المتبادلة على سطوح التربة فإن المثال التالى يوضح كيفية حساب كمية الكاتيونات المتبادلة الموجودة فى التربة .

**حساب الكاتيونات المتبادلة فى التربة**

**Calculating Exchangeable Cations in Soil**

**مـــثال :** تم تحليل ثلاث عينات تربة مختلفة فى المعمل ووجد أن قيم البوتاسيوم المتبادل فى هذه الأتربة كانت كالتالى :

| Soil | cmol of K / kg soil |
|---|---|
| Sandy | 0.06 |
| Sandy loam | 0.22 |
| Sandy clay loam | 0.78 |

– إحسب كمية البوتاسيوم المتبادل بالكيلوجرامات لكل هكتار فى هذه الأتربة.

**الحـــل :**

(١) عادة يستخدم متوسط وزن 1 هكتار حتى عمق 30 cm وذلك لكل الأتربة

حجم واحد هكتار (30 cm عمق) = 0.3 m x 100 m x 100 m = $3000\ m^3$

وإذا إستخدمنا متوسط الكثافة الظاهرية لكل الأتربة = $1400\ kg/m^3$

∴ وزن التربة = $1400\ kg/m^3 \times 3000\ m^3$ = 4200.000 kg تربة/هكتار (30 cm عمق)

وغالبا مايستخدم 4 مليون كجم / هكتار كمتوسط عام للأتربة

(٢) تحويل 1 centimol $K^+$ إلى وحدات وزن

1 cmol $K^+$ / kg soil = ١ مليمكافىء K / ١٠٠ جم تربة

الوزن الذرى للبوتاسيوم ( جم )
= ١ ------------------------ / ١٠٠ جم
التكافــــؤ

٣٩
= ١ --------- = ٠,٣٩ جم K
(١٠٠) (١)

= ٣٩٠ مجم K

1 centimole of K / kg soil = 390 mg K
1 centimole of K / hectare = 390 mg K x 4000000
= 1560 kg $K^+$ / ha

كمية البوتاسيوم المتبادل بالكجم / هكتار ( التربة الرملية Sandy soil )

١٥٦٠ كجم / هكتار x ٠,٠٦
= -----------------------
١
= ٩٤ كجم K / هكتار

كمية البوتاسيوم المتبادل بالكجم / هكتار (التربة الرملية اللومية Sandy loam)

١٥٦٠ كجم / هكتار x ٠,٢٢
= -------------------------
١
= ٣٤٣ كجم K / هكتار

كمية البوتاسيوم المتبادل بالكجم / هكتار (التربة الرملية الطينية اللومية Sandy clay loam)

١٥٦٠ كجم K / هكتار x ٠,٧٨
= -------------------------
١
= ١٢١٧ كجم K / هكتار

## السعة التبادلية الكاتيونية المتوقفة على الرقم الهيدروجينى

## The pH Dependence of Cation Exchange Capacity

تتغير السعة التبادلية الكاتيونية بتغير درجة حموضة التربة . فكما ذكرنا سابقا معظم الشحن السالبة فى التربة تنتج من الإحلال المتماثل فى معادن الطين وهذه الشحن تعتبر شحن دائمة Permanent charge . أيضا وجود مجاميع الهيدروكسيل على الحواف البلورية وفى الهيومس يمكن أن يكون مصدرا للشحن السالبة فى التربة وخاصة تحت الظروف القاعدية حيث ينحل الهيدروجين فى مجاميع الهيدروكسيل (OH) ويصبح معدن الطين أو الهيومس محملا بشحنة سالبة وهذه الشحن السالبة الناتجة يمكن أن تتفاعل كمواقع تبادل.

الوسط القاعدى $$R-OH + OH^- \rightleftarrows R-O^- + H_2O$$

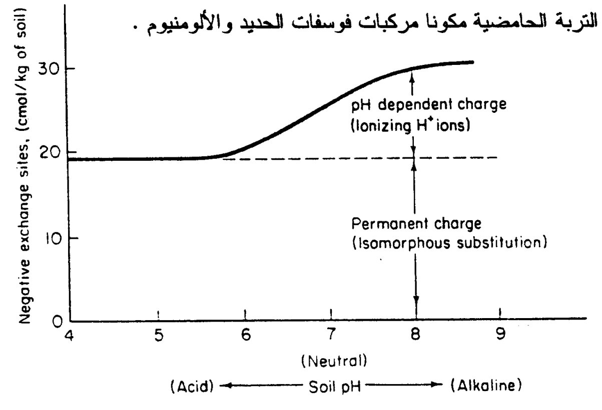
الوسط الحامضى $$R-OH + H^+ \rightleftarrows R-OH_2^+$$

أما فى الوسط الحامضى فيمكن لبعض مجاميع الهيدروكسيل أن تكتسب بروتونات ($H^+$) وبالتالى تكتسب شحنة موجبة والبعض الآخر لايحدث له أى تغير أى أنه فى الوسط الحامضى تتواجد عدد مواقع أقـل للتـبادل الكاتيونى . ولذلك حـوالى 40% - 10 من السعة التبادلية الكاتيونية فى التربة قد يكون مصدرها المواقع المتوقفة على pH التربة علما بأن أغلب مواقع السعة التبادلية الكاتيونية للهيومس تكون متوقفة على ألـ pH وعموما إرتفاع pH التربة يؤدى إلى زيادة السعة التبادلية الكاتيونية المتوقفة على ألـ pH (شكل 3-2) .

## التبادل الآنيـونى Anion Exchange

تنشأ مواقع التبادل الآنيونى موجبة الشحنة على التربة نتيجة إكتساب

مجاميع الهيدروكسيل الموجودة على حواف معادن الطين وعلى سطوح أكاسيد الحديد والألومنيوم بروتونات وذلك تحت الظروف الحامضية وبالتالى يمكن لهذه المواقع موجبة الشحنة أن تجذب إليها الأيونات سالبة الشحنة . والتبادل الآنيونى هام فى التربة لأن بعض العناصر الغذائية والتى تتواجد فى التربة على صورة آنيونية مثل الفوسفات والبورون يكون مصدرها التبادل الآنيونى . وعموما تتناسب السعة التبادلية الآنيونية تناسبا عكسيا مع pH التربة وهى ذات أهمية كبيرة فى الأراضى الحامضية التى تحتوى نسبة عالية من أكاسيد الحديد أما فى الأراضى القاعدية نجد أن قيمة السعة التبادلية الآنيونية منخفض للغاية وذلك بالمقارنة مع السعة التبادلية الكاتيونية . آنيونات النترات تدمص على سطوح التربة بصورة ضعيفة جدا لذلك فإن أغلب النترات تتواجد فى المحلول الأرضى حيث تكون عرضة للفقد بالغسيل . أما آنيون الفوسفات فيدمص بقوة كبيرة على سطوح كربونات الكالسيوم فى الأراضى الجيرية مكونة مركبات فوسفات الكالسيوم أو يدمص على أكاسيد الحديد والألومنيوم فى التربة الحامضية مكونا مركبات فوسفات الحديد والألومنيوم .




**شكل (3-2): علاقة مواقع التبادل الكاتيونى فى التربة بدرجة الحموضة (Miller *et al.* 1999) .**

**تفاعــل التربــة Soil Reaction**

تــفاعل التربة (pH) هو دلالة على حامضية أو قاعدية التربة ويقاس بوحدات ألــ pH .

**تعريف ألــ pH**

pH التربة هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين النشطة فى المحلول .

فعند تأين الماء (HOH) إلى $H^+$ , $OH^-$ (محلول متعادل) يصبح تركيز كل من :

$H^+$ , $OH^+$ = ١٠^-٧ مول / لتر

$$HOH \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

$$\frac{[H^+][OH^-]}{[HOH]} = 10^{-14} \qquad [H^+] = [OH^-] = 1 X 10^{-7}$$

[ ] = التركيز

$$K_W = [H^+] [OH^-] = 10^{-14}$$

بأخذ اللوغاريتم السالب

$$-\log K_W = -\log [H^+] - \log [OH^-] = 14$$

$$-\log = p$$

$$pk_W = pH + pOH = 14$$

وعندما تكون [ $H^+$ ] أعلى من [ $OH^-$ ] يصبح الوسط حامضيا

وعندما يكون [ $OH^-$ ] أعلى من [ $H^+$ ] يصبح الوسط قاعديا

والأتربة ذات قــيم pH أكبر من ٧ تعــتــبــر أتربة قــلوية أما الأتربة ذات قيم pH أقل من 7 تعتبر حامضية فى حين أن الأتربة ذات رقم pH = 7 تعتبر متعادلة. وتقسم الأتربة إلى مستويات من الحمــوضة

والقـلـوية كمـا هو مبين بالجدول رقم ( 3-4). وتنتشر الأتربة الحامضية فى المناطق الإستوائية والباردة بينما تنتشر الأتربة القاعدية فى المناطق الجافة وشبه الجافة .

**جدول رقم (3-4) : أقسام الأتربة تبعا للرقم الهيدروجينى pH (Sparks, 1994)**

| وصف الرقم الهيدروجينى | مدى pH | الميكانيكية التنظيمية |
|---|---|---|
| شديد الحموضة | < 4.5 | Iron range (pH 2.4-3.8) |
| حمضى قوى جدا | 4.5-5.0 | Aluminum / iron range (pH 3.0-4.8) |
| حمضى قوى | 5.1-5.5 | Aluminum range (pH 3.0-4.8) |
| معتدل الحموضة | 5.6-6.0 | Cation exchange (pH 4.2-5.0) |
| حمض ضعيف إلى متعادل | 6.1-7.3 | Silicate buffers (all pH values typically > 5) |
| قلوى ضعيف | 7.4-7.8 | Carbonate (pH 6.5-8.3) |

**تـقـديـر pH التربـة**

يتم تقدير pH التربة فى المعمل كالآتى :

١) يخلط 1جزء من التربة مع 2 جزء ماء مقطر أو محلول ملحى متعادل (كلوريد بوتاسيوم) .

٢) يقلب المعلق على فترات لمدة 30 دقيقة وذلك حتى يصل المعلق إلى الإتـزان .

٣) قياس pH المعلق بإستخدام جهاز قياس الـ pH (pH - meter) .

ويتأثر قياس درجة pH التربة بعدة عوامل هى :

١- وجود الحبيبات الغروية المحملة بالشحنات السطحية السالبة ويؤدى تواجدها إلى إنخفاض قيم الـ pH ويطلق على ذلك تأثير المعلق

. Suspension effect

٢- نسبة التربة إلى الماء فى المعلقات المستخدمة تؤثر على قيم pH معلق التربة ولذلك يجب تحديد نسبة التربة إلى الماء ( 1 جزء تربة : 2 جزء ماء ) .

٣- يؤثر إستخدام المحلول الملحى على رقم pH معلق التربة (يخفض الـــ pH ) ويطلق على ذلك Salt effect لذلك يجب توحيد طريقة القياس .

**مصادر قلوية التربة Sources of Alkalinity**

تتكون مواد الأصل Parent materials التى تنشأ منها الأتربة من العديد من المعادن مختلفة التركيب والرقم الهيدروجينى pH وترث الأتربة المتكونة هذه الصــفــات من مادة الأصل . وفى مناطق مختلفة من العالم يوجد العديد من الأتربة التى تحتوى على كربونات الكالسيوم بنسب مختلفة ولذلك تسمى بالأتربة الجيرية calcareous وتتميز هذه الأتربة بإرتفاع الرقم الهيدروجينى نتيجة لما يلى :

**(١) التحلل المائى للكربونات Carbonate Hydrolysis**

ينتج عن التحلل المائى للكربونات إنطلاق أيونات الهيدروكسيل ($OH^-$) التى تعمل على رفع الرقم الهيدروجينى (pH) للتربة .

$$CaCO_3 + H_2O = Ca^{2+} + HCO_3^- + OH^-$$

وكربونات الكالسيوم قليلة الذوبان والتفاعل السابق يؤدى إلى رفع الرقم الهيدروجينى حتى 8.3. وعند إحتواء التربة على كربونات صوديوم $Na_2CO_3$ فإن الرقم الهيدروجينى يرتفع إلى 10 وذلك نتيجة لأن كربونات الصوديوم أكثر ذائبية من كربونات الكالسيوم . ولهذا السبب نجد أن الأتربة التى تحتوى على 15% صوديوم متبادل تكون ذات قلوية عالية .

**(٢) التجـويه المعدنية Mineral Weathering**

ينتج عن تجويه بعض الصخور والمعادن تأثير حمضى Acidic ويوجد أيضا بعض المعادن الأولية التى ينتج عن تجويتها تأثير قلوى ومثال ذلك التأدرت المائى لفلسبارات الكالسيوم مثل الأنورثيت (Anorthite) الذى ينتج عنه قاعدة قلوية .

$$3CaAl_2Si_2O_8 + 6H_2O = 2HAl_4Si_6O_{10}(OH)_2 + 3Ca(OH)_2$$

anorthite          aluminosilicate

وفى التفاعل السابق يتكون معدن الطين مع هيدروكسيد الكالسيوم والتأثير النهائى يكون قلوى . والتفاعل العام للتجويه يكون :

$$\text{M-silicate mineral} + H_2O = \text{H-silicate mineral} + M^+ + OH^-$$

حيث $M^+$ أيون فلزى مثل الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم . فإذا كان نظام التربة يحتوى على كربونات كالسيوم فإن تفاعل التحلل المائى للكربونات هو الذى يسود النظام ويرفع الرقم الهيدروجينى للتربة فى المدى من 8.3 - 7.5 ويكون تأثير التجويه المعدنية فى هذه الحالة ضعيف . وتحول مثل هذه الأتربة إلى حمضية يتطلب إزالة الكربونات بواسطة الغسيل .

وأيونات الكالسيوم والماغنسيوم تعتبر من الفلزات القلوية الأرضية أما البوتاسيوم والصوديوم فهما من الفلزات القلوية وهذه الكاتيونات يطلق عليها إسم الكاتيونات القاعدية لأن الأتربة تصبح قلوية عندما تتشبع السعة التبادلية الكاتيونية لهذه الأتربة بهذه الكاتيونات . وغسيل الكاتيونات القاعدية من التربة ينتج عنه إحلال للألومنيوم $Al^{+3}$ ، الهيدروجين محـلـهم وتتحول التربة إلى حمضية Acidic وتسمى كاتيونات $H^+, Al^{+3}$ بالكاتيونات الحمضية Acidic cations .

**مصـــــادر حمـــوضـــة التربـــة Sources of Soil Acidity**

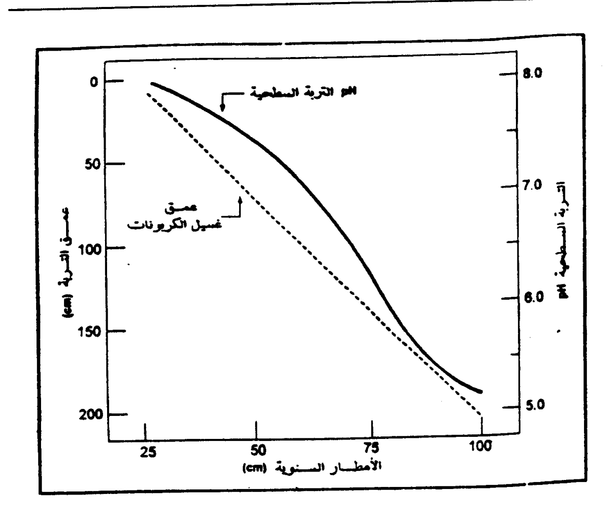
تصبح التربة حمضية وذلك للإضافات المستمرة لأيونات الهيدروجين والناتجة عن ثلاث عمليات هامة هى :

١- ينتج عن تنفس الجذور والكائنات الحية بالتربة غاز ثانى أكسيد الكربون $CO_2$ الذى يتفاعل مع الماء مكونا حمض الكربونيك $H_2CO_3$ وهو حمض ضعيف يساهم فى حموضة التربة .

٢- ينتج عن معدنة المواد العضوية بعض الأحماض العضوية وكذلك عنصرى النيتروجين والكبريت اللذان يتأكسدان إلى حمض النيتريك وحمض الكبريتيك وجميع هذه الأحماض الناتجة تساهم فى حموضة التربة.

٣- ينتج عن تفاعل ثانى أكسيد الكربون بالجو مع ماء المطر تكون حمض الكربونيك الذى يتساقط طبيعيا مع ماء المطر بإستمرار والذى يصبح الرقم الهيدروجينى (pH) له 5.6 وذلك أيضا يساهم فى حموضة التربة .

فى المناطق الصحراوية نجد أن الأمطار تكون قليلة ولذلك فإن جميع العمليات السابق ذكرها يكون تأثيرها ضعيفا فإرتفاع معدل الأمطار يؤدى إلى سيادة العمليات الثلاثة المذكورة – حيث أن تساقط كميات كبيرة من الأمطار ذات رقم هيدروجينى منخفض يعنى إضافة حموضة إلى التربة وأيضا يعنى نمو نبات أفضل وبالتالى زيادة فى تنفس الجذور وأيضا زيادة معدنة المواد العضوية وكل ذلك ينتج عنه حموضة التربة . وكثير من الدراسات أظهرت العلاقة الوثيقة بين كمية الأمطار السنوية والرقم الهيدروجينى للتربة (pH) وغسيل الكربونات (شكل 3-3) .




شكل (3-3): العلاقة بين الأمطار السنوية وعمق الكربونات المغسول والرقم الهيدروجينى للتربة

## أهمية pH التربة Importance of Soil pH

يدل pH التربة على كثير من خواص التربة المختلفة :

١- يؤثر pH التربة على ذائبية المعادن فالأراضى شديدة الحامضية (pH 4.5) تحتوى على تركيزات عالية من الألومنيوم والمنجنيز بدرجة قد تكون سامة للنبات لأن معظم المعادن تذوب فى الأتربة الحامضية بدرجة أكبر من الأتربة القلوية أو المتعادلة .

٢- يؤثر pH التربة على نمو النبات عن طريق التأثير على الميكروبات الثانوية فى التربة حيث أن البكتريا المثبتة للنيتروجين فى البقوليات تصبح غير نشطة فى الأتربة الحامضية .

٣- معظم المحاصيل الزراعية تنمو بصورة جيدة فى الأراضى ضعيفة الحموضة(pH 6.5) والنباتات التى تنمو فى تربة قاعدية (pH > 9) غالبا ما يكون نموها ضعيفا .

٤- قلوية التربة تؤدى إلى خفض ذائبية كل العناصر الصغرى ( ماعدا الكلور والبورون والموليبدنوم ) مثل الحديد والزنك والنحاس والمنجنيز . أيضا الفوسفات فى الأتربة القاعدية يكون غير صالح لإمتصاص النبات وذلك لترسبه فى المحلول الأرضى بواسطة الكالسيوم أو ترسبه على سطوح كربونات الكالسيوم.

**الحموضة النشطة والحموضة الكامنة**

**Free vs. Bound Hydrogen Ions**

يطلق على أيونات الهيدروجين فى محلول التربة إسم الحموضة النشطة Free وهى التى يتم قياسها ويعبر عنها بألـ pH .

أما الحموضة الكامنة Bound $H^+$ ions فتطلق على الكاتيونات المتبادلة التى تتفاعل وتمد محلول التربة بأيونات الهيدروجين النشطة وتشمل كاتيونات الهيدروجين (فى الأتربة شديدة الحموضة) وكاتيونات الحديد والألومنيوم فى صورة هيدروكسيدات مثل $Al(OH)_2^+$ وقيمة الحموضة الكامنة بحوالى (10-1000) ضعف الحموضة النشطة .

**السعة التنظيمية للأتربة Soils Buffering Capacity**

معظم الأتربة تستطيع أن تقاوم التغير فى الرقم الهيدروجينى (pH) عند إضافة مواد شديدة الحامضية أو القاعدية إليها . ومقدرة التربة لمقاومة التغير فى ألـ pH يطلق عليها السعة التنظيمية للتربة Soil buffering capacity وتزداد السعة التنظيمية للتربة بزيادة السعة التبادلية

الكاتيونية (CEC). فالسعة التنظيمية للتربة تعمل على إزالة أيونات الهيدروجين من الأحماض المضافة إليها أو معادلة أيونات الهيدروكسيل ($OH^-$) من القواعد المضافة . وهذا يحدث عن طريق التبادل الكاتيونى والتعادل Neutralization

$$\text{Colloid - H} + NH_4OH \rightleftarrows \text{Colloid - }NH_4^+ + HOH$$

aqueaus ammonion water

$$\text{Colloid - 2H} + CaCO_3 \rightleftarrows \text{Colloid - Ca} + CO_2\uparrow + HOH$$

Lime gas water

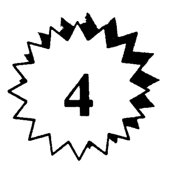
وفى هذين المثالين نجد أن إضافة سماد الأمونيا وكربونات الكالسيوم لم يحدثا تغير كبير فى pH التربة لأن الأمونيا والجير تم معادلتهما إلى $NH_4^+$ متبادل أو $Ca^{2+}$ بالإضافة إلى الماء المتعادل .

والفعل التنظيمى للتربة يتحكم فى تركيز العناصر الذائبة مثل $Na^+$, $K^+$, $Mg^{2+}$, $Ca^{2+}$, $Al^{+3}$, $H^+$ عن طريق السعة التبادلية الكاتيونية فتزيد السعة التنظيمية للتربة بزيادة CEC التربة . فالأتربة الغنية فى المحتوى الطينى (خاصة المونتموريللونيت والفيرميكيوليت) والهيومس تكون قدرتها التنظيمية عالية وذلك على عكس الأتربة الرملية وذلك نتيجة للسعة التبادلية الكاتيونية العالية للطين والمادة العضوية .




# المحلول الأرضى

- المحلول الأرضى والإتزان الديناميكى .
- طرق الحصول على المحلول الأرضى .
- التركيب الأيونى للمحلول الأرضى .
- المحلول الأرضى وتغذية النبات .



# المحلول الأرضى

# Soil Solution

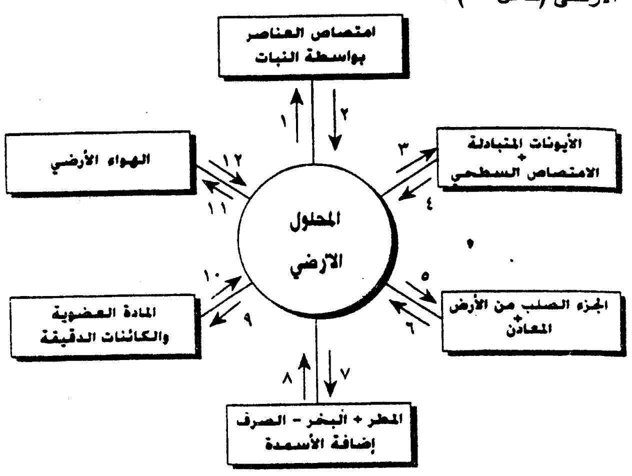
## المحلول الأرضى والإتزان الديناميكى

## Soil solution and dynamic equilibria

من وجهة نظر كيمياء وخصوبة التربة يطلق على الطور السائل liquid phase فى التربة إسم المحلول الأرضى soil solution . ويعرف المحلول الأرضى بأنه محلول مائى aqueous solution يحتوى على العديد من المواد الذائبة فى صورة أيونات حرة متأدرتة ومركبات عضوية وغير عضوية وفى حالة إتزان ديناميكى مع بقية مكونات التربة الأخرى . فالعديد من التفاعلات الكيميائية المعقدة التى تحدث فى التربة تتفاعل مع بعضها البعض من خلال المحلول الأرضى (شكل 4-1) .

فالمحلول الأرضى هو الوسط الذى يستمد منه النبات معظم العناصر الغذائية اللازمة لنموه (تفاعل ١ شكل 4-1) كما أن النبات يمد المحلول الأرضى بكميات من الأحماض العضوية root exudates (تفاعل ٢) . الأيونات فى المحلول الأرضى يمكن أن تدمص على المكونات العضوية وغير العضوية

فى التربة (تفاعل ٣) ويمكن لهذه الأيونات الممتصة أن تنطلق ثانية إلى المحلول الأرضى (تفاعل ٤) وإذا أصبح المحلول الأرضى فـوق مشـبع بالنسـبة لمعـدن ما فإن هـذا المعـدن يترسـب (تفاعل ٥) حتى يحـدث الإتـزان . أمـا إذا كان المـحلـول الأرضـى لـم يـصـل إلـى حالة التـشـبع under saturated بالنسبة لمعدن ما فيحدث إذابة لهذا المعدن (تفاعل ٦) حتى يحدث الإتزان . الأيـونـات فى المحـلـول الأرضى قـد يحـدث لها تخـفيف نـتيجـة للأمطار وعمليات الرى وإنتقالها إلى الماء الجوفى (تفاعل ٧) أو يحدث لها تركيز نتيجة عمليات التبخير وإضافات الأسمدة (تفاعل ٨) . تركيز العناصر فى المحلول الأرضى يتأثر بوجود الأحياء الدقيقة حيث تستمد الأحياء الدقيقة العناصر اللازمة لنموها منه (تفاعل ٩) وفى نفس الوقت تنطلق العناصر إلى المحلول الأرضى عند موت هذه الكائنات الحية الدقيقة وبتحلل المادة العضوية (تفاعل ١٠) تنطلق الغازات من المحلول الأرضى إلى الهواء الأرضى (تفاعل ١١) أو تذوب غازات الهواء الأرضى فى المحلول الأرضى (تفاعل ١٢) .




شكل (4-1) : تفاعلات الإتـزان الديناميكى فى التربة (Lindsay, 1979)

## طـرق الحـصـول على المحلول الأرضى

**Methods of Obtaining Soil Solution**

يوجد العديد من الطرق المعملية للحصول على المحلول الأرضى نذكر منها بإختصار مايلى :

١. طريقة الإحلال — Immissible Displacement

٢. طريقة غشاء الضغط — Pressure or Tension Displacement

٣. طريقة الطرد المركزى السريع — Rapid Centrifugation

### أولا) طريقة الإحلال Immissible Displacement

وفى هذه الطريقة يستخدم سائل غير قابل للإمتزاج بالماء مثل رابع كلوريد الكربون $CCl_4$ أو Ethyl benzoylacetate (الخطيب وآخرون ١٩٨٦) حيث يعمل هذا السائل على إزاحة المحلول الأرضى من الجزء الصلب من التربة الرطبة وخلال عملية الطرد المركزى فإن السائل عديم الإمتزاج بالماء يمر خلال التربة إلى أسفل ويحل محل المحلول الأرضى الذى يطفو إلى أعلى فوق سطح عينة التربة. يتم جمع المحلول الأرضى الموجود على سطح عينة التربة ويرشح لإزالة أى معلقات به . وهذه الطريقة شائعة الإستخدام لسهولتها وتوافر الأجهزة اللازمة لها إلا أن المحاليل المستخدمة مثل رابع كلوريد الكربون فى هذه الطريقة ضارة بصحة الإنسان وتعتبر من المسببات لمرض السرطان carcinogenic كما أن المحلول عـديم الإمتزاج بالماء قد يلوث التربة بنسبة صغيرة ويعتبر Ethyl benzoylacetate غير سام ولكنه غالى الثمن جدا .

### ثانيا) طريقة غشاء الضغط Pressure Membrare Method

وفى هذه الطريقة يستخدم جهاز غشاء الضغط pressure membrare الذى يستطيع أن يستخلص المحاليل الأرضية فى مدى رطوبة يتراوح من درجة التشبع حتى نقطة الذبول المستديم وربما عند قيم رطوبة أقل . فإذا وضعت

التربة فى الجهاز عند درجة رطوبة تعادل الذبول المستديم permanent wilting point تحت ضغط غاز (عادة ما يستعمل غاز النيتروجين ويخرج من فتحة خاصة بالجهاز) 15 ضغط جوى فإن المحلول الأرضى يبدأ فى الظهور عندما يصل ضغط الغاز إلى القيمة التى تساوى الشد الرطوبى Moisture tension عند هذه النقطة (15 ضغط جوى) وبهذه الطريقة يمكن الحصول على المحلول الأرضى عند درجات رطوبة مختلفة .

**ثالثا) طريقة الطرد المركزى السريع Rapid centrifugation method**

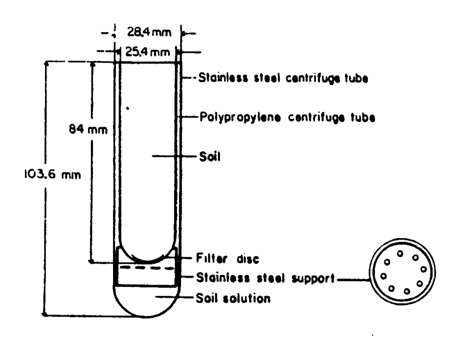
وهذه الطريقة تعد أفضل وأسرع الطرق التى تستخدم للحصول على المحلول الأرضى الحقيقى وأيضا هذه الطريقة لاتسبب أى تلوث للمحلول الأرضى على خلاف طريقة الإحلال . ويتم الحصول على المحلول الأرضى بإستخدام الأدوات الموضحة فى شكل (4-2) وإتباع التالى:

١- يضاف ماء إلى عينة التربة حتى تصل إلى السعة الحقلية field capacity ثم تترك للإتزان لمدة 24 ساعة .

٢- بوضع ورقة ترشيح على قاع أنبوبة الطرد المركزى التى تحتوى على عدة ثقوب ثم يتم ملأ الأنبوبة بعينة التربة الرطبة ثم توضع الأنبوبة وبداخلها التربة داخل أنبوبة أخرى من الصلب الذى لايصدأ stainless steel tube لترتكز على جزء آخر من الصلب (شكل 4-2) .

٣- تجرى عملية الطرد المركزى للعينة عند قوة تعادل $4.8 \times 10^5\ ms^{-2}$ لمدة 20 دقيقة .

٤- يتجمع المحلول الأرضى بعد عملية الطرد المركزى داخل الأنبوبة الصلب ويتم تجميعه لإجراء التحليلات اللازمة .




شكل (4-2) : الأدوات المستخدمة للحصول على المحلول الأرضى
(الخطيب وآخرون ، ١٩٨٧)

### التركيب الأيونى للمحلول الأرضى

**Ionic composition of soil solution**

يوضح الجدول (4-1) متوسط تركيز بعض الأيونات الموجودة فى المحلول الأرضى للأتربة الحمضية والقلوية . ويلاحظ إرتفاع تركيز أيون الكالسيوم فى المحلول الأرضى فى التربة الحمضية والقلوية بالمقارنة بالكاتيونات الأخرى .

**جدول (1-4) : متوسط التركيب الأيونى للمحلول الأرضى فى الأتربة الحمضية والقلوية**

| نوع التربة الأيون | حمضية (pH = 5.15) | قلوية (pH = 7.43) |
|---|---|---|
| | مليمول / لتر | mmol $L^{-1}$ |
| كالسيوم | 1.61 | 12.86 |
| ماغنسيوم | 0.75 | 2.48 |
| بوتاسيوم | 1.00 | 2.29 |
| ألومنيوم | 0.13 | -- |
| كلوريد | 1.04 | 3.07 |
| فلوريد | 1.16 | -- |
| نترات | 0.16 | 21.36 |
| كبريتات | 1.40 | 5.01 |
| كربونات | -- | 3.26 |

كما يلاحظ أيضا أهمية الكربونات فى التربة القلوية والألومنيوم فى التربة الحمضية وإرتفاع تركيز كاتيونات الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم فى التربة القلوية عنها فى التربة الحامضية .

**المحلول الأرضى وتغذية النبات Soil Solution and Plant Nutrition**

مما سبق ذكره يمكن إعتبار المحلول الأرضى المصدر الرئيسى والمباشر للماء والعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات وحيث أن تركيز العناصر الغذائية فى المحلول الأرضى منخفض ولايفى بحاجة النبات لإتمام دورة حياته فبالتأكيد الكمية الذائبة فى المحلول الأرضى لأى عنصر لاتمثل الكمية الكلية لذلك العنصر فى التربة وإنما تمثل كمية العنصر الصالحة للإمتصاص بواسطة النبات والتى يتم تعويض مايمتصه النبات منها بواسطة الجزء الصلب ولفهم

قدرة الطور الصلب على تعويض replenishment مايمتص من المحلول الأرضى بواسطة النبات يجب معرفة العوامل التى تؤثر على صلاحية أى عنصر للنبات .

فى التربة يوجد عاملان هامان يؤثران على صلاحية أى عنصر للنبات :

**(أ) عامل الشـــدة Intensity Factor**

ويعرف بأنه تركيز العنصر فى المحلول الأرضى .

**(ب) عامـــل الســـعـــة Capacity Factor**

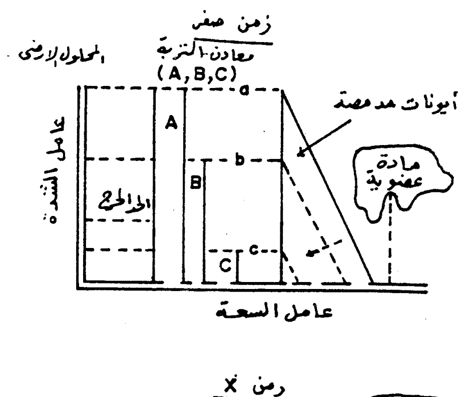
ويعرف بأنه مقدرة الصورة الصلبة فى الأرض على تعويض الإنخفاض فى تركيز عنصر ما فى المحلول الأرضى فكما نعلم فإنه نتيجة لإمتصاص النبات للعناصر (الأيونات) من المحلول الأرضى يحدث إنخفاض فى تركيز هذه الأيونات فى المنطقة الملامسة للجذر ويترتب على ذلك حدوث ظاهرة الإنتشار .

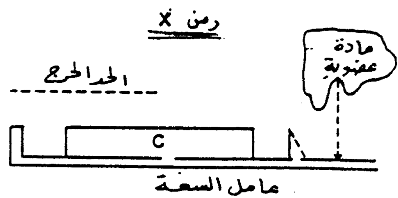
والعلاقة بين عاملى الشدة والسعة وتأثير تلك العلاقة على صلاحية العناصر للنبات موضحة بالشكل (3-4) . وفى الشكل المحور الرأسى يمثل عامل الشدة بينما المحور الأفقى يمثل عامل السعة ويلاحظ مايلى :

**أولا : عـــنـــد زمـــن صـــــفـــر**

نفترض مثلا وجود ثلاثة أنواع من المعادن (A,B,C) وكل من هذه المعادن له مقدرة تختلف عن المعدن الآخر فى إمداد المحلول الأرضى بعنصر ما وعلى فريضة أن المعدن A هو أكثر المعادن ذوبانا فيترتب على ذلك أن يكون المعدن A هو المتحكم فى تركيز هذا العنصر فى المحلول الأرضى ولما كان المحلول فى تلك اللحظة فوق مشبع بالنسبة لمعدنى C,B فسوف يحدث ترسيب لهذين المعدنين وينتج عن ذلك ذوبان معدن A تماما . بعد إنتهاء ذوبان

معدن A فإن تركيز العنصر فى المحلول الأرضى سوف ينخفض من a إلى b وعادة مايحدث هذا الإنخفاض تدريجيا نتيجة للسعة التنظيمية للأرض الناتجة عن وجــود الأيونات المدمصة والمتبادلة . وعندما يصل تركيز العنصر فى المحلول الأرضى إلى المستوى b يصبح المحلول فوق مشبع بالنسبة للمعدن C وتدريجيا سوف يذوب معدن B تماما ويتبقى معدن C .




**شكل (4-3): تأثير معادن الأرض على ذائبية وصلاحية العناصر للنبات (Lindsay, 1979)**

**ثانيا : عند زمن X**

نجد أن معدن C يصبح هو المتحكم فى مستوى هذا العنصر الغذائى وينخفض تركيز هذا العنصر فى الأرضى إلى المستوى c الذى بدوره يكون أقل من الحد الحرج

critical level اللازم لنمو النبات وبالتالى سوف تعانى النباتات من نقص هذا العنصر.

ومن المثال السابق نجد أن الطور الصلب هو الذى يتحكم فى مستوى تركيز العناصر فى المحلول الأرضى ويمكن تطبيق العلاقة السابقة على عنصر معين وليكن الفوسفور فنجد عند زمن صفر فى أرض مثل الأرض الجيرية المركبات التالية :

A- مركب فوسفات ثنائى الكالسيوم $CaHPO_4$ (حاصل الذائبية = 6.66 -)

B- مركب فوسفات ثمانى الكالسيوم $Ca_4H(PO_4)_3OH$ (حاصل الذائبية = - 47.5)

C- مركب هيدروكسى أباتيت $Ca_5(PO_4)_3OH$ (حاصل الذائبية = 57 -)

ويعتبر مركب هيدروكسى أباتيت من أكثر مركبات الفوسفات ثباتا فى الأرض . وفى هذا المثال نجد أن معدن فوسفات ثنائى الكالسيوم (A) أكثر المعادن ذوبانا ويعطى أعلى تركيز للفوسفور فى المحلول الأرضى وبذوبان هذا المعدن نجد أن المحلول يصبح فوق مشبع بالنسبة لفوسفات ثمانى الكالسيوم وللأباتيت وبذوبان المعدن A تماما يبدأ تركيز الفوسفور فى المحلول الأرضى فى الإنخفاض ويصبح معدن (B) فوسفات ثمانى الكالسيوم هو المتحكم فى تركيز عنصر الفوسفور فى المحلول ويعتبر فوق مشبع بالنسبة لمعدن هيدروكسى الأباتيت ويذوب بالتدريج معدن (B) ويتبقى فقط الهيدروكسى أباتيت (C) الذى يصبح بالتالى المتحكم فى تركيز عنصر الفوسفور فى

المحلول الأرضى .

**العوامل المؤثرة على تركيز العناصر فى المحلول الأرضى**

**Factors affecting elements concentration in soil solution**

تتكون العناصر الغذائية الذائبة فى المحلول الأرضى أساسا من عديد من المصادر مثل تجويه المعادن الأولية وتحلل المادة العضوية وإضافات الأسمدة وبمجرد وصول العناصر الغذائية إلى المحلول الأرضى فإنها تختلف كلية فى تفاعــلاتها فــمــثلا أيونات الكلوريد والنترات والكبريتات تكون ذائبة ولاتكون مركبات غير ذائبة مع مكونات التربة ونتيجــة لذلك فإن هــذه الأيــونات عند إضــافتها للتربة تبقى فى المحلول الأرضى حتى يتم إمتصاصها بواسطة النبات أو الكائنات الحية الدقيقة أو تفقد بالغسيل أو يحدث لها عملية عكس التأزت بالنسبة للنترات . وفى الأتربة الحامضية تميل أيونات الكبريتات إلى الإدمصاص على سطوح التربة .

أما الكاتيونات الذائبة فى الماء والمتزنة مع تلك الموجودة على مواقع التبادل مثل النحاس والزنك فهى تكون معقدات مع مادة التربة العضوية كما أن أيونات الحديديك والألومنيوم فهى تكون هيدروكسيدات غير ذائبة أو أكاسيد متأدرتة كما أن الفوسفور قد يكون فوسفات الحديد والألومنيوم والكالسيوم .

ويوجد العديد من العوامل التى تؤثر على ذائبية العناصر الغذائية الموجودة فى المحلول الأرضى والتى فى حالة إتزان مع الجزء الصلب وأهم هذه العوامل :

**(١) الرقم الهيدروجينى (pH)**

وهو عامل هام جدا فى تحديد ذائبية العناصر فنجد أن ذائبية أكاسيد الحديد تقل بزيادة الرقم الهيدروجينى بينما ذائبية الكاتيونات الأخرى التى تميل إلى تكوين معقدات Complexes مثل النحاس والزنك فتزداد بإنخفاض الرقم

الهيدروجينى .

**(٢) ظروف الإخـــتـــزال Reducing conditions**

عند غمر التربة الحامضية بالماء ينشأ عن ذلك ظروف لاهوائية وتكون أغلب التفاعلات فى التربة هى تفاعلات إختـــزال . وعموما تفاعلات الإخـــتـــزال هى عبارة عن تفاعلات مستهلكة للبروتونات أى يحدث نقص فى أيونات الهيدروجين فيرتفع تبعا لذلك pH التربة ويتأثر ذوبان العناصر بتغير pH التربـــة .

# مراجع الفصل

1- Adams, F. (1971). Ionic Concentration and Activities in the Soil Solution. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 420 - 426.

2- Elkhatib, E.A.; J.L. Hern and T.E. Staley (1987). A rapid centrifugation Method for Obtaining Soil Solution. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 578 - 583.

3- Elkhatib, E.A.; O.L. Bennett. and V.C. Baligar (1986). A centrifuge Method for obtaining Soil Solution using an immisible liquid. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 297 - 299.

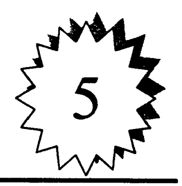
4- Lindsay, W.L. (1979). Chemical Equilibria in Soils. Wiley, New York.

5- Wolt, J. (1994). Soil Solution Chemistry. Wiley, New York.




# مادة التربة العضوية

- الخواص العامة.
- تحلل المادة العضوية.
- فصل واستخلاص المواد الدباليه.
- التفاعلات بين المواد الدباليه والفلزات.
- تكوين معقدات الطين مع الكاتيونات والأنيونات العضوية.
- تكوين المعقدات وخصوبة التربة.




# مادة التربة العضوية

تلعب مادة التربه العضويه دورا هاما فى التأثيرعلى كيمياء التربه وبالرغم من الدراسات العديده والمكثفه فإن تركيب وكيمياء مادة التربه العضويه مازال غير مفهوما تماما .

ومادة التربه العضويه وهو ما يطلق عليها لفظ الدبال (Humus) هو نتاج محصله عمليتين حيويتين تقوم بهما ميكروبات التربه هما تحليل المواد العضويه وتخليق مركبات عضويه جديدة. ويوجد الدبال فى التربه فى حاله ديناميكيه حيث يتعرض بصفه دائمه لمهاجمه الميكروبات وفى نفس الوقت تقوم كائنات التربه بتخليقه مره أخرى من المخلفات النباتيه ويصاحب عمليه التحلل فقد لجزء من الكربون العضوى نتيجة تكوين أنسجة ميكروبية جديده أى أنه يوجد تدفق دائم للكربون من مصدر لآخر لأن خلايا الكائنات الدقيقه تعتبر مصدر كربون للأجيال القادمه من المجموعات الميكروبيه فى التربه .

ويتراوح محتوى التربه من الماده العضويه من ( % 5 - 0.5 )على أساس الوزن فى الأفق السطحى للأتربه المعدنيه الى % 100 فى الأتربه العضويه (Histosols) لأن المادة العضويه فى الأتربه العضويه تتحلل ببطء

شديد نتيجة ظروف الصرف السيئه ونقص التهويه مما يؤدى الى حدوث تراكم للماده العضويه .

تؤثر مادة التربه العضويه على الخواص الكيميائيه والفيزيائيه للتربه (جدول5-1) كما يلى :

١.تعمل على تحسين كل من بناء التربه وقوة مسك التربه للماء والتهويه والتحبب .

٢.مصدر هام للعناصر الغذائيه الكبرى مثل N, P , S والعناصر الغذائيه الصغرى مثل Mo , B .

٣.تعتبر مصدرا للطاقة للكائنات الحيه فى التربه وذلك لأحتوائها على كميه كبيرة من الكربون فنجد أن كمية الكربون فى التربه $(30 - 50 \times 10^{14}$ kg) أعلى من مثيلاتها فى مصادر الكربون الأخرى فى الأرض Earth مثل ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى ولكنها أقل من كمية الكربون الموجوده فى الترسيبات البحريه والتى تحتوى على ما يقرب من $200.000 \times 10^{14}$ kg كربون .

٤.السطح النوعى لماده التربه العضويه مرتفع $(800 - 900\ m^2\ g^{-1})$ وتتراوح السعة التبادليه الكاتيونيه لها بين $150 - 300\ cmol\ kg^{-1}$ لذلك فإرتفاع السعة التبادليه الكاتيونيه فى الأفق السطحى للتربه يكون نتيجة وجود مادة التربه العضويه بنسب أكبر من الأفاق تحت السطحيه .

٥.نتيجة كبر السطح النوعى والسعه التبادليه الكاتيونيه لمادة التربه العضويه فأن مادة التربه العضويه لها القدره على أمتصاص العناصر الغذائيه الكبرى والصغرى والعناصر الثقيله والكيماويات العضويه مثل المبيدات ولذلك نجد أن إمتصاص المغذيات بواسطة النبات وبالأخص العناصر الصغرى مثل

النحاس والمنجنيز وكذلك المبيدات تتأثر بدرجة كبيرة بوجود مادة التربه العضويه لذلك فإن اضافات السماد العضوى الى التربه يؤدى الى زيادة صلاحيه العناصر الصغرى فى الأتربه القلويه التى يحدث فيها ترسيب لهذه العناصر عند درجات pH المرتفعه ويقل من صلاحيتها.

٦ـ تكوين معقدات بين مكونات التربه العضويه مثل حمض الفولفيك Fulvic acid والفلزات مثل $Cd^{+2}$ ، $Al^{+3}$ يقلل من حركة هذه العناصر فى التربه وبالتالى يقلل من أمتصاص هذه العناصر بواسطة النبات.

جدول (5-1) : الخواص العامه لمادة التربه العضويه وتأثيرها على الخواص الكيميائيه والفيزيائيه للتربه

| الخاصيه | ملاحظات | التأثير على التربه |
|---|---|---|
| اللون Color | يعزى اللون الغامق للعديد من الأتربه الى وجود الماده العضويه | يعمل على تدفئة التربه |
| إمتصاص الماء Water retention | يمكن للماده العضويه إمتصاص ومسك ما يعادل حوالى 20 ضعف وزن الماء | يمنع جفاف التربه ويزيد من قدرة التربه الرمليه على الإحتفاظ بالماء |
| الإلتحام مع معادن الطين | يعمل على إلتحام حبيبات التربه وتحسين بناء التربه aggregation | يسمح بتعادل الفلزات وتثبيت البناء ويزيد من النفاذيه |
| الخلب Chelation | يكون معقدات مع النحاس $Cu^{2+}$ ، $Mn^{2+}$ ، $Zn^{2+}$ والكاتيونات عديده التكافؤ | يزيد من صلاحية العناصر الصغرى للنبات |
| الذائبيه فى الماء | مادة التربه العضويه تكون غير ذائبه فى الماء نتيجة إرتباطها بمعادن الطين وكذلك الكاتيونات ثنائيه التكافؤ وثلاثيه التكافؤ المرتبطه بالماده العضويه تكون غير ذائبه | قلة فقد المادة العضويه بواسطة الغسيل |
| الفعل التنظيمى Buffer action | تظهر الماده العضويه فعلا تنظيميا فى الأتربه الحمضيه والمتعادله والقلويه | تساعد على تجانس التفاعلات فى التربه |
| التبادل الكاتيونى Cation Exchange | الحموضه الكليه للدبال تتراوح بين 300 -1400 cmol $kg^{-1}$ | تزيد السعه التبادليه الكاتيونيه فى الأتربه بحوالى % 70- 20 |

| | | |
|---|---|---|
| المعدنه | تنتج عن تحلل الماده العضويه $Co_2$ $NH_4^+, NO_3^-, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}$ | مصدر العناصر الغذائيه لنمو النبات |
| الإتحاد مع الكيماويات العضويه | تؤثر على النشاط الحيوى والتحلل للمبيدات والكيماويات العضويه | تعدل من معدل إضافة المبيدات بغرض السيطره الفعليه |

**تحلل المادة العضوية**

تتعدد مصادر المادة العضويه التى تتعرض للتحلل الميكروبى فى التربه فيوجد كميات ضخمه من بقايا النبات تتحلل فوق السطح التربه والأنسجة النباتيه سواء الموجود منها فى باطن الأرض أوعلى السطح والتى تختلط ميكانيكيا بالتربه تصبح غذاء للكائنات الدقيقه . أيضا أنسجة الحيوانات ومخلفاته تتعرض لفعل الميكروبات بالإضافة الى خلايا الكائنات الدقيقه نفسها تعتبر مصدر للكربون . ولفهم نشأة وطبيعه مادة التربه العضوييه فإنه من الضرورى معرفة كيماء التحلل لمكونات بقايا النبات بإعتبارها المصدر الهام والأساسى لمادة التربه العضويه .

توفر المواد النباتيه التى تصل الى التربه لأنواع الميكروبات المختلفه خليطا متنوعا من المركبات التى تتباين فى خواصها الفيزيائيه والكيميائيه . وتنقسم المركبات العضويه الموجوده فى النبات الى ستة أقسام رئيسيه :

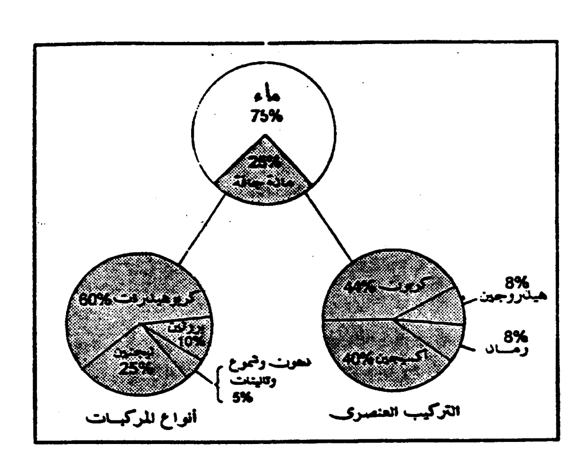
أ. السليلوز : وهو أكثر المركبات الكيميائية وفرة فى النبات حيث تختلف نسبته ما بين % 60 - 15 من الوزن الجاف .

ب.الهميسليلوز : وعادة ما يمثل % 30 - % 10 من الوزن الجاف .

جـ.اللجنين : يمثل فى العادة % 30 - 5 من وزن النبات .

د. المكونات الذائبه فى الماء والتى تشتمل على السكريات البسيطة والأحماض الأمينيه والأليفاتيه وتمثل % 30- 5 من وزن الأنسجة النباتيه .

هـ-المركبات الذائبه فى الكحول وتشمل الدهون والزيوت والشموع والبروتينات وهذه يدخل فى تركيبها النتروجين والكبريت ويمثل الشكل رقم (5-1) مكونات بقايا النباتات ونسبها التقريبيه .




شكل (5-1) : مكونات بقايا النباتات ونسبها التقريبيه

تقل نسبة المكونات الذائبه فى الماء وكذلك البروتينات والمعادن كلما تقدم النبات فى العمر بينما ترتفع نسبة السليلوز والهميسليلوز واللجنين وهى التى تمثل المكون الأكبر من وزن النبات . فى المواد الخشبيه على وجه التحديد تزيد نسبة السليلوز واللجنين والهميسليلوز بينما تتواجد العناصر الذائبه فى الماء أو فى المذيبات العضويه بكميات قليله .

وهذه المركبات السابق ذكرها جميعها تشكل الخليط المتنوع من المواد العضويه التى تستخدمها الميكروبات فتقوم بتحليلها وتحويل الكربون الى الصورة المعدنيه .

**فصل وإستخلاص مكونات مادة التربة العضوية**

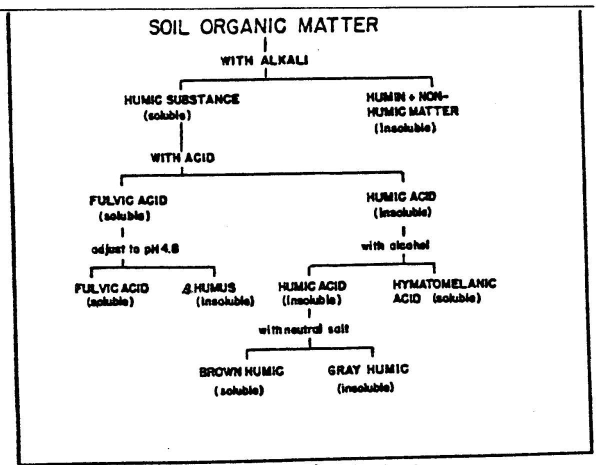
**Fractionation of Soil Organic Matter**

يوجد العديد من الطرق لأستخلاص المواد الدباليه من التربه وإختيار المستخلص المناسب يتوقف على الشروط التالية :

١.مادة الإستخلاص لا يكون لها تأثير على التركيب الكيميائى والصفات الطبيعيه للمادة المستخلصه .

٢.قدرة مادة الإستخلاص على إزالة واستخلاص المواد الدبالية من التربة .

وتم تقييم العديد من المذيبات العضوية وغير العضوية من حيث قدرتها على استخلاص المواد الدباليه وبوجه عام وجد أن جميع المذيبات التى تم دراستها تؤثر بصورة أو أخرى على الصفات الكيميائية والفيزيائية للمواد المستخلصة ويوضح الشكل رقم (5-2) الطريقة الأكثر شيوعا وأستخداما لفصل المواد الدباليه من التربه . وفى هذه الطريقة يتم ترسيب المواد الدباليه وذلك عند درجة حموضه معينة واستخدام محاليل الأملاح والمذيبات العضوية .




شكل (5-2) خطوات فصل وإستخلاص المواد الدباليه

والأستخلاص بالمحاليل القلوية مثل محاليل , 0.1-0.5m NaOH $Na_2CO_3$ يعتمد أساسا على الذائبية فحمض الهيوميك يذوب فى القلوى ولا يذوب فى الحمض . أما حمض هيماتوميلانيك Hymatomelanic acid فهو عبارة عن الجزء الذائب من حمض الهيوميك فى الكحول . والهيومين Humin لايذوب فى أى من المحاليل الحمضية أو القاعدية . ومن عيوب هذه الطريقة أن المستخلصات القلوية تعمل على إذابة السليكا ومحتويات بروتوبلازم الخلايا مما يؤدى الى تلوث المكونات الدباليه المستخلصه.

وحديثا ظهر العديد من الطرق التى تستخدم لفصل مادة التربة العضوية ، منها إستخدام gel chromatography ، الأدمصاص على راتنجات التبادل الأيونى ، الأدمصاص علىالفحم وأستخدام الطردى المركزى والأدمصاص على الراتنجات الكارهه للماء hydrophobic resins بأستخدام -XAD nonionic methylemthacrylate polymer وتعتبر طريقة XAD

resins من أفضل الطرق المستخدمة لفصل وعزل المواد الدباليه ويوضح الجدول رقم (5-2) مميزات وعيوب بعض الطرق المستخدمه لفصل المواد الدباليه .

**جدول (5-2) : مميزات وعيوب الطرق المستخدمه لفصل المواد الدباليه**

| الطريقه | المميزات | العيوب |
|---|---|---|
| الترسيب Precipitation | لايوجد | غير مخصصه للدبال - بطيئة وتحتاج الى أحجام كبيرة |
| التجميد Freeze concentration | يتم تركيز كل الكربون العضوى الذائب(DOC) | بطيئة وشاقه وتركز المواد غير العضوية |
| الإستخلاص بالمحاليل Liquid extraction | إزالة الألوان بصريا | بطيئة وتحتاج الى أحجام كبيرة |
| التبادل الأنيونى anion exchange | كفاءة إمتصاص عاليه | لاتتحرر كل الجزيئات الممتصه |
| الفحم Charcoal | كفاءة إمتصاص عاليه | لاتتحرر كل الجزيئات الممتصه |
| XAD resin | كفاءة إمتصاص وتحرر عاليه | يحتاج الى تنظيف للراتنجات |

**مكونات مادة التربة العضوية**

**Composition of Soil Organic Matter**

المكونات الرئيسية لمادة التربة العضوية هى الكربون (52-58%) والأكسجين (34-39%) والهيدروجين (3.3-4.8%) والنيتروجين 3.7-4.1%) . ويتضح من جدول رقم (5-3) تشابه تركيب أحماض الهيوميك المستخلصه من أتربه مختلفة وأظهرت الأبحاث أن نسبة الكربون الى النيتروجين C/N تكون فى حدود 10 . والمجاميع الرئيسية فى المادة العضوية

هى عبارة عن مركبات تشبه اللجنين والبرتينات مع وجود مركبات أخرى بكميات قليلة مثل السليلوز والهميسليلوز وأغلب مكونات المادة العضوية لا تذوب فى الماء وإنما تذوب فى القواعد القويه .

تتكون مادة التربه العضوية من مواد دباليه وغير دباليه . وتتكون المواد الدباليه من الكربوهيدرات وبروتينات وببتيدات وأحماض أمينيه ودهون وشموع وأحماض ذات وزن جزئ صغير . ويمكن للأحياء الدقيقة فى التربة مهاجمه هذه المركبات وتحليلها لذلك فانها تتواجد فى التربه لمدة قصيرة فقط .

تعرف المواد الدباليه Humic substances بأنها موادعضوية طبيعية النشأة غير متجانسة يختلف لونها من اللون الأصفر الى اللون الأسود . ويمكن تقسيم المواد الدبالية الى حمض الهيوميك(Humic acid (HA وحمض الفولفيك (Fulvic acid (FA والهيومين Humin . وعادة ما تعرف مكونات المواد الدباليه تبعا لذائبية كل منها فى الأحماض أوالقواعد كما تم ذكره سابقا فى فصل المواد الدباليه .

**جدول (3-5) : التركيب العنصرى لحمض الهيومك لبعض الأتربه مختلفه النشأة .**

### التفاعلات بين المواد الدباليه والفلزات

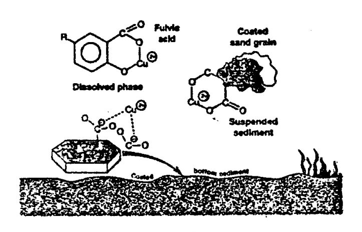
### Humic Substance-Metal Interactions

يؤثر تكوين المعقدات بين مادة التربه العضويه والفلزات بدرجه كبيره على إمتصاص وحركه الملوثات فى التربه والماء . فمادة التربه العضويه تتفاعل مع الفلزات بطرق عديدة (شكل رقم 5-4) ويشمل ذلك تفاعل الكربون العضوى الذائب ( الكربون العضوى الذى يمر من خلال فلترمن الفضه 0.45 um) مع أيونات الفزات وكذلك تفاعل الكربون العضوى الغروى Suspended organic carbon (الكربون العضوى الذى يتم حجزه على فلتر الفضه 0.45 um) مع أيونات الفلزات وتختلف المجاميع الفعاله فى ماده التربه العضويه فى درجه أفضليتها للتفاعل مع أيونات الفلزات كما يلى :

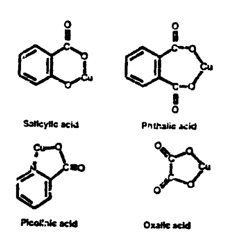
$$-O^- > -NH_2 > -N=N > COO^- > -C=0$$

(enolate ) (amine) (azo compound) (carboxylate) (carbonyl)

واذا حدث ارتباط بين مجموعتين أو أكثر من أحد المجاميع الفعاله ( كربوكسيلات) مع أيون فلزى ويتكون بناء حلقى فإنه يحدث ما يسمى خلب ( Chelation) لهذا الأيون شكل رقم (5-4) . وتقدر سعه الارتباط الكليه Total binding capacities لحمض الهيوميك بحوالى 200– 600 umol $g^{-1}$ وتتواجد أغلب مواقع تكوين المعقدات على مجاميع الكربوكسيل والفينول .




شكل (5-3) : تكوين المعقدات بين أيونات الفزات والماده العضويه فى الأطوار الغرويه والسائله للرسوبيات (Thurman 1985) .




شكل (5-4) : خلب أيونات الفلزات بواسطه المركبات العضويه (Thurman ,1985)

**تكوين المعقدات والخلب Complex Formaion and Chelation**

كثيرا مايستخدم لفظى تكوين المعقدات والخلب فى كيمياء التربه لذلك يجب توضيح معنى كل من اللفظين والفرق بينهما على أساس طبيعة الروابط لكل منهما .

**تكوين المعقدات Complex formation**

يعرف بأنه التفاعل بين أيونات الفلزات والليجاند Ligand من خلال المشاركه فى زوج من الالكترونات حيث يعتبر أيون الفلز مستقبل لزوج الكترونات و Ligand مانحه لزوج الكترونات وناتج التفاعل يطلق عليه " المركب المحيط بالفلز . metal coordination compound وذلك لأن أيون الفلز يكون فى المركز ويحيط به الأيونات العضوية . ويطلق على عدد الليجاند Ligand التى تحيط بالفلز " عدد الإحاطه Coordination number "

$$\begin{array}{ccc} NH_3 & NH_3 & NH_3 \\ \diagdown & | & \diagup \\ & Co & \\ \diagup & | & \diagdown \\ NH_3 & NH_3 & NH_3 \end{array}$$

أيونات الفلزات المتأدرته فى المحلول تعتبر معقدات Complexes مع الماء لأن الايون المركزى تحيط به جزيئات الماء . ويمكن لأى أيون فلزى أن يعمل كذره مستقبله للألكترونات ويشمل ذلـــك K, Li, Na, Ag والمثل الواضح معقد Potassium Ferrocyanide الذى يمكن أن يكون Legands على صورة أنيونيه - Cl-, R- $CH_2$ - COO أو صورة جزىء متعادل ($NH_3$) والمعقدات المتكونه يمكن أن تكون على صوره كاتيونيه أو أنيونيه أو جزيئات متعادله .

**Chelation**

ترتبط بعض Ligands العضويه بأيون الفلز باكثر من مجموعه فعاله مانحه لزوج من الالكترونات والتركيب البنائى للمعقد الناتج يكون على شكل شبه حلقى يطلق عليه Chelation ring

$$M(H_2O)_6^{n+} + {}^-OOC-COO^- = \left[(H_2O)_4 M \begin{array}{l} \diagup OOC \\ \qquad | \\ \diagdown OOC \end{array}\right]^{(n-2)+} + 2H_2O$$

## (١) طبيعة وثبات معقدات الفلزات ــ العضوية

**Nature and Stability of Metal -Organic Complexe**

يمكن تصور أرتباط كاتيون الفلز مع المادة العضوية على أنه عملية

تبادل أيونى بين الهيدروجين $H^+$ والفلز على سطوح المجاميع الفعاله الحمضيه ( L ) :

$$M^{x+} + >LH_y = >L - M^{(x-y)+} + yH^+$$

ومع ذلك فان درجة الأفضليه العاليه التى أظهرتها مادة التربه العضويه بالنسبه لبعض الفلزات ترجح أحتمال أرتبـــاط هذه الفلزات مباشرة مع المـــــجاميع الفـــــعاله وتكـــــوين inner - sphere complexes وتكون بذلك روابط أيونيه وتعاونيه فى هذه المعقدات . ولذلك يجب النظر إلى ادمصاص الفلزات على الماده العضويه على أنه أدمصاص كيميائى ويوضح الجدول رقم (5-3) درجة أفضلية الفلزات لمادة التربة العضوية عند درجة حموضه 0.5 تميل الفلزات ذات الأفضليه العاليه إلى تكوين inner- sphere complexes مع مادة التربه العضويه بينما تميل الفلزات ذات الأفضليه المنخفضه إلى الأحتفاظ بغلاف التادرت المائى وتظل متبادله على مادة التربه العضويه وللأسف لايمكن إعطاء قاعدة عامة ثابته لأفضلية الفلزات لمادة التربه العضويه لأن الأفضليه لاتعتمد فقط على صفات الفلزات وانما على عدد من العوامل مثل :

- طبيعة ونوع المجموعه الفعاله
- درجة الادمصاص على الماده العضوية
- درجة الحموضه التى يتم عندها تقدير الادمصاص
- القوة الايونيه للمحلول عند تقدير الادمصاص لأن هذا يحدد شدة التنافس مع الكاتيونات الأخرى على مواقع المعقدات.

وكما سبق ذكره فان مادة التربه العضويه تحتوى على أنواع مختلفه من

المجاميع الفعاله التى تعمل كـــ Lewis base فى التفاعل مع الفلزات . وعامه درجة الصلابه hardness فى Lewis base تكون كما يلى :

O > N > S

حيث تكون S فى الحاله المختزله وتكافؤها 2- فمثلا يعتبر $Ca^{2+}$ حمض صلب hard acid ويفضل تكوين معقدات مع المجاميع الفعاله المحتويه علىO مثل مجاميع الكاربوكسيل بينما الكادميوم Cd يعتبر soft acid (له نفس شحنه ونفس قطر الكالسيوم) ويميل إلى تكوين معقدات مع المجاميع الفعاله المحتويه على S مثل Sulfhydryl

**جدول (5-4) : ترتيب أفضلية أرتباط أيونات الفلزات الثنائيه مع مادة التربه العضويه تبعا للسالبيه الكهربائيه**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Affinity sequence | Cu > | Ni > | Pb > | Co > | Cu > | Zn > | Mn > | Mg |
| Electronegativity | 2.0 | 1.91 | 1.87 | 1.88 | 1.00 | 1.65 | 1.55 | 1.31 |

وعند دراسة سلوك أدمصاص $Cd^{2+}$ فى التربه نجد أن الكادميوم يدمص بدرجه أعلى من الكالسيوم عند التركيزات المنخفضه ولكن عند التركيزات المرتفعه فأن درجة أفضلية إدمصاص الكادميوم يتساوى مع الكالسيوم ويبدو أن التربه تحتوى على عدد محدد من soft bases وبمجرد ارتباطها تصبح أفضلية الكادميوم متساويه مع الكالسيوم والقاعدة العامه التى يمكن تطبيقها على امتصاص الكاتيونات الفلزيه على الماده العضويه هى :

**" تقل درجة أفضلية أمتصاص الفلزات على مادة التربه العضويه نتيجة أدمصاص الأيون المفضل بدرجة كبيرة."**

بالنسبه لقواعد لويس Lewis bases مثل مجموعة الكربوكسيل والأمين فان الفلزات ذات نصف القطر الأصغر تكون عادة معقدات أقوى وهذا مايعرف بسلسلة أيرفينج ويليامز Irving -Wiliams series الخاصـــة بقـــوة تكوين المـــعـــقـــدات وتكون بالنــســـــبة لأيونات الفلزات الثنائيه كمايلى :

Ba < Sr < Ca < Mg < Mn< Fe < Co < Ni < Cu < Zn

وهذه السلسلة تضع النحاس على قمة المعقدات الثابته والقويه وهو مايتفق مع درجات الافضليه الموضحه بالجدول رقم (5-3) وذلك بالنسبه لمادة التربه العضويه .

أيضا السالبيه الكهربائيه تعطى دلاله لميل الفلزات لتكوين معقدات مع مادة التربه العضويه ( جدول رقم 5-ب) ولأن الفلزات مثل Cu , Ni تكون أكثر سالبيه كهربائيه ( softer acids) من $Ca^{2}$ , $Mn^{2+}$ فإن هذه الفلزات ($Cu^{2+}$, $Ni^{2+}$) تميل إلى تكوين معقدات مع مجموعة Amine أو المجموعات الاخرى الأقل صلابة (less hard) فى المواد الدباليه.

**(٢) تاثير معقدات الفلزات مع المواد الدباليه على إنتقال الفلزات**

**Effect of HS - Metal Complexation on Metal Transport**

تؤثر معقدات المواد الدباليه مع الفلزات على أنتقال الفلزات فى الأتربه والمياه كما يلى :

أ) تتاثر صور الفلزات وكذلك تفاعلات الاكسدة والاختزال بتكوين معقدات الفلزات مع المواد الدباليه ومثال ذلك حمض الهيوميك الذى يعتبر عامل مختزل ويؤدى إلى أختزال الكربوم السداسى Cr (VI) الأقل سميه إلى الصوره الثلاثيه Cr (III) الأكثر سميه ولكون حمض الهيوميك من الأحماض الصلبه Lewis hard acid فإن مجموعة الكربوكسيل الموجودة فيه لها القدرة على التفاعل مع Cr (III) وتكوين معقد ثابت

وبالتالى تحد من صلاحية هذا الفلز للامتصاص بواسطة النبات .

ب)يمكن للمواد الدباليه أن تصبح ناقل للفلزات السامه عن طريق تكـوين معقدات ثابته (ذائبة) مع الفلزات وبذلك تزيد من أنتقال هذه الفلزات السامه فى الماء . وفى الحالات التى يستخدم فيها الترسيب كطريقه من طرق التخلص من العناصر الثـقـيله فى الماء فإن تكوين معقدات ثابته من المواد الدباليه مع العناصر الثقيله يمكن أن يحد من كفاءة التخلص من هذه العناصر فى مياه الصرف الصحى . أيضا تكوين المعقدات الثابته يمكن أن يحد من كفاءة عمليات التبادل الكاتيونى المستخدمه فى معالجة مياه الصرف الصحى .

ج) أرتباط العناصر الثقيله مع المواد الدباليه يزيد من كفاءة المعالجه البيولوجيه للملوثات الغير عضويه وذلك عن طريق خفض سميه هذه العناصر بالنسبه للميكروبات .

د) يمكن إزالة الأنيونات غير العضويه مثل الفوسفات والسيانيد من الماء وذلك عن طريق تكوين معقدات مع المواد الدباليه .

**(٣) تاثير المواد الدباليه على ذائبيه المعادن**

**Effect of Humic Substances on Mineral Dissolution**

تؤثر المواد الدباليه على ذائبيه المعادن فالبكتريا والطحالب الناميه على سطوح المعادن تزيد من تفتت breakdown هذه المعادن عن طريق تكوين مواد عضويه معقده مثل أحماض الهيوميك والفولفيك التى تهاجم المعادن وتعمل على أنحلالها وتكوين معقدات الفلزات الذائبه وغير الذائبه فى الماء أيضا أحماض الهيوميك لها القدرة على أستخلاص الفلزات من الجالينا (Pb) galena والبيرولوسيت ($MnO_2$) والكالسيت ($CaCO_3$) والمالاكيت

malachite ($Cu_2(OH_2)\ CO_3$) كما يمكن لأحماض الهيوميك استخلاص الفلزات من السلبكات ولكن بدرجه أقل من المعادن السابق ذكرها بالاضافه إلى ذلك فإن حمض الهيوميك يعمل على إذابة كبريتيدات وكربونات الفلزات الآتيه:

Pb (II), Zn (II), Cu (II), Ni (II), Fe (II), Mn (IV)

ويتراوح الذوبان من 2100 ug بالنسبه لكبرتيد الرصاص (PbS) إلى 95 ug لكبريتيد الزنك.

**معقدات الطين مع المركبات العضويه Clay-Organic Compound Complexes**

يمكن للطين أن يكون معقدات مع المركبات العضويه التى على صوره كاتيونيه أو أنيونيه فطبيه غير أيونيه .

**تكوين معقدات الطين مع الآنيونات العضويه**

**Complex formation with organic anions**

١- يمكن للشحنات الموجبه الموجوده على الحواف المكسوره لمعادن الطين تحت الظروف الحمضيه أن تجذب الآنيونات العضويه .

٢- يتم تكوين معقدات عن طريق الادمصاص السلبى negative adsorption (repulsion) للأنيونات بواسطة سطوح الطين المحمله بشحن سالبه ، ولقد لوحظ إدمصاص بعض مبيدات الحشائش مثل 2, 4, 5-T, 2, 4, D على صوديوم – مونتموريللونيت إدمصاصا سلبيا عندما تكون درجة حموضة الوسط أعلى من ثابت تحلل ($pK_a$) المركب العضوى . أما عند pH أقل من $pK_a$ فإن الأدمصاص الموجب هو الذى يسود ، لأن المركبات العضويه عند قيم pH أعلى من $pK_a$ تتواجد على صوره حمضيه وتسلك سلوك الآنيونات أما عند قيم pH أقل من $pK_a$ فإن المركبات العضويه تتواجد فى المحلول كقاعده وتسلك سلوك الكاتيونات .

٣- يمكن للمركبات العضويه الحمضيه تكوين معقدات مع الطين من خلال التفاعل مع الكاتيونات الموجوده فى مواقع التبادل على سطوح الطين أومع جزيئات الماء المحيطه بهذه الكاتيونات.

**تكوين معقدات الطين مع الكاتيونات العضويه**

**Complex formation with organic cations**

أحيانا وتحت ظروف خاصه تحمل بعض المركبات العضويه شحنات موجبه مثل المركبات الأمينيه ويمكن للشحنات الموجبه على المركبات العضويه أن تتكون كما يلى :

أ- أكتساب بروتون مع الطين المشبع بالهيدروجين .

$$R - NH_2 + H - Clay \Leftrightarrow R - NH_3 - Clay$$

ب - إكتساب بروتون من الماء المحيط بالكاتيون .

$$(M - mH_2O)^{m+} + NH_2 - R \Leftrightarrow (NH_3 - R)^+ + [M - (m-1)\ H_2O]^{m-1}$$

ج - إكتساب بروتون من بعض الصور الكيميائيه التى تحتوى على بروتونات.

$$(HA)^+ + NH_2 - R \Leftrightarrow A + (NH_3 - R)^+$$

protonated species    organic molecule

يمكن المركب العضوى بعد اكتسابه شحن موجبه أن يحل محل الكاتيونات غير العضويه الموجوده على مواقع التبادل والموجوده على سطوح الطين وتتبع فى ذلك القوانين العامه للتبادل الكاتيونى.

**تكوين المعقدات مع المركبات العضويه الأمفوتيريه :**

**Complex fonmation with amphoteric organic compounds**

تحتوى التربه على مواد عضويه أمفوتيريه مثل مركبات الهيوميك والبروتينات والأحماض الأمينيه حيث أن وجود مجاميع الكربوكسيل والأمينو الفعاله فى هذه المواد تتيح لها القدره على التواجد على هيئة كاتيون أو أنيون أو Zwitterion وسياده اى صورة من الصور السابقه فى المحلول الأرضى يتوقف على درجة حموضة التربه . ويمكن توضيح ذلك بالنسبه amino acid و alanine كما فى الرسم التالى :

$$CH_3-\underset{H}{\overset{NH_3^+}{C}}-COOH \rightleftarrows CH_3-\underset{H}{\overset{NH_3^+}{C}}-COO^- \rightleftarrows CH_3-\underset{H}{\overset{NH_2}{C}}-COO^-$$

Cation Zwitterion Anion

ففى الأراضى الحمضيه وعند قيم pH أقل من نقط تعادل الشحنات فأن الأحماض الأمينيه تحمل شحنه موجبه وبالتالى تسلك سلوك الكاتيونات وتنجذب إلى سطوح الطين المحمله بشحنه سالبه بواسطة التبادل الكاتيونىأما عند قيم pHللتربه تساوى نقط تعادل الشحنات ZPC فإن الأحماض الأمينيه تصبح ثنائيه القطبيه وتسلك سلوك Zwitterion ويمكنها أن تتفاعل مع سطوح الطين من خلال قطبين أحدهما موجب والثانى سالب ويمكن للقطب الموجب( $NH^{3-}$ ) أن ينجذب مباشرة إلى سطوح الطين المحمله بشحنه سالبه . أما القضب السالب ($COO^-$) فى الحمـــض الأمينى يمكنه أن يتفاعل مع الكاتيونات المدمصه على سطوح الطين .

فى الأراضى القاعديه أوعند قيم pH للتربه أعلى من نقطة تعادل الشحنات (ZPC) فإن الأحماض الأمينيه تصبح محمله بشحنه سالبه وتسلك سلوك الأنيونات وتصبح لها القدرة على التفاعل مع سطوح الطين المحمله بشحن موجبه أو قد تتجذب إلى سطوح الطين من خلال الكاتيونات المدمصه.

**تكوين المعقدات مع المركبات العضويه غير الأنيونيه :**

يمكن حدوث تفاعل بين الطين والجزيئات العضويه التى لاتحمل شحنه مثل الكحول والايثيل جليكول وذلك من خلال الكاتيونات و Ligand العضويه وبذلك يرتبط المركب العضوى بالطين من خلال الكاتيونات المتبادله على سطوح الطين . وفى حالة الكاتيونات التى لها طاقه تأدرت ضعيفه فأن الكاتيون يمكن أن يرتبط مع الجزىء العضوى من خلال ذرات الأكسجين ويطلق على أدمصاص الجزيئــات العضويه فى المسافات البينيه inter micellar spaces إسم Intercalation

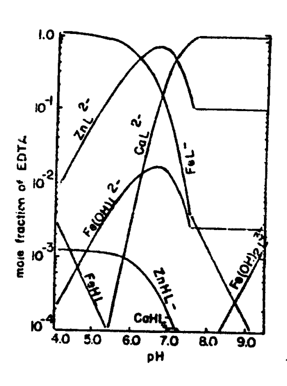
**منحنيات الثبات للفلزات المخلبيه**

**Stability Diagrams of Metal Chelates**

تتنافس الكاتيونات فى التربه مثل $Zn^{2+}, Fe^{3+}, Al^{+3}, H^{+}$ للإرتباط مع المواد المخلبيه والكاتيونات التى لها القدره على تكوين مركب مخلبى أكثر ثباتا هى التى سوف ترتبط مع الماده المخــلــبــيه . وقــد قـــام Lindsay بعــمــل مــنــحــنــيــات الثـــبات لكل من Ca-EDTA, Fe-EDTA, Zn-EDTA ووجــد أن Zn- EDTA يكون ثابتا عند درجة pH 6.7 ويعنى Lindsay بكلمة الثبات stable وجود المركب المخلبى المتكون فى صورة مركب ذائب .

ويوضح الشكل رقم (5-5) ثبات Fe-EDTA عند درجه حموضه pH 5.5 - 7 وهذا يعنى أن $Fe^{3+}$ يمكن أن يحل محل $Zn^{2+}$ فى Zn-EDTA

عند درجات الحموضه المنخفضه بينما يمكن للكالسيوم أن يحل محل $Fe^{3+}$ أو $Zn^{2+}$ فى Fe-EDTA ، Zn EDTA عند درجات الحموضه المرتفعه . وعلى ذلك ففى الاتربه الجيريه نجد أن $Ca^{2+}$ عند درجات الحموضه المرتفعه يمكن أن يحل محل Zn فى المركبات المخلبيه مما يتسبب فى نقص الزنك فى هذه الأتربه .




**شكل (5-5) : منحنيات النبات فى التربه لمعقدات $Zn^{2+}, Fe^{3+}, Ca^{2+}, H^{+}$ مع EDTA ، DTAP عند درجات حموضه مختلفه .**
**(Lindsay and Norvell, 1969)**

**تكوين المعقدات وخصوبة التربه**

**Complex formation and soil fertility**

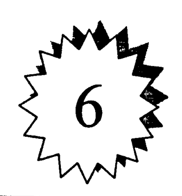
- تلعب عمليتى تكوين المعقدات والخلب دورا هاما فى تحسين خصوبة التربه . فعملية الخلب تزيد من حركة الكاتيونات وبالتالى صلاحيتها بالنسبه للنبات . أيضا تكوين المعقدات يعمل على الأسراع من عملية التجويه الكيميائيه لمعادن الطين وبالتالى تزيد من إنطلاق وتحرر المغذيات الذائبه .

- تعمل أحماض الهيوميك والفولفيك على زيادة أنطلاق وتحرر البوتاسيوم المثبت فى التربه وذلك عن طريق تكوين المعقدات مع Ligand العضويه.
- تزيد ذائبيه $Al\ PO_4$, $Fe\ PO_4$, $Ca_3\ (PO_4)_2$ بدرجه كبيره نتيجة تكوين معقدات مع مركبات الهيوميك . حيث أن أحماض الهيوميك والفولفيك لها ميل عالى high affinity للأرتباط مع AL, Fe, Ca وبالتالى تتنافس مع الفوسفات ويؤدى تكوين المعقدات إلى تحرر أيونات الفوسفات فى المحلول الأرضى وبالتالى تزيد صلاحية الفوسفات بالنسبه للنبات.
- المواد الدباليه لها القدره على تكوين معقدات مع العناصر الدقيقه مثل Cu, Zn, Mn وهذه العناصر تتواجد فى الأتربه الحمضيه بتركيزات عاليه وغالبا ماتسبب سميه للنبات ولذلك فإضافة الدبال إلى الأتربه الحمضيه يؤدى إلى تكوين معقدات مع جزء من هذه العناصر الذائبه فى المحلول وبالتالى تقل صلاحيتها مؤقتا ثم أنطلاقها بعد ذلك بكميات صغيره وبالتالى فإن المواد المخلبيه تعمل كعامل منظم فى هذه الاتربه .
- فى بعض الاتربه تتواجد العناصر الصغرى ( Cu, Zn, Mn) فى صوره غير ذائبه وخلب هذه العناصر بواسطة مادة التربه العضويه يؤدى إلى زياده ذائبيه هذه العناصر وبالتالى تساعد على الحفاظ على مستوى مناسب من العناصر الصغرى الذائبه فى المحلول الأرضى .




# العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات

- ❖ التغذية الذاتية.
- ❖ العناصر الغذائية وتقسيمها.
- ❖ التركيب العنصرى للنبات.
- ❖ صور العناصر الصالحة للنبات.
- ❖ النمو والعوامل المحددة للنمو.



# العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات

# Essential Nutrient Elements for Plants

**مقدمة :**

تحصل الكائنات الحية على إحتياجاتها الغذائية من عديد من المواد العضوية وغير العضوية (المعدنية) . وتبعا للطرق التى تحصل بها الكائنات الحية على غذائها فإنها تقسم إلى :-

١) كائنات حية ذاتية التغذية Autotrophic وهذه تحصل على إحتياجاتها الغذائية من البيئة المحيطة بها فى صورة معدنية بسيطة ثم تحولها داخلها إلى مواد عضوية معقدة ومن أمثلة هذه الكائنات الحية النباتات الخضراء الراقية .

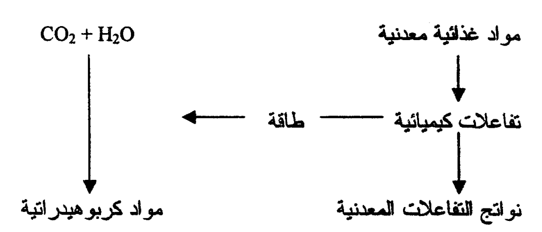
٢) كائنات حية غير ذاتية التغذية Heterotrophic وهذه ليس لها القدرة على تخليق المواد العضوية داخل جسمها من المواد المعدنية البسيطة لذلك فإنها تحصل على إحتياجاتها الغذائية فى صورة عضوية معقدة . ومن أمثلة هذه الكائنات الحية الحيوان .

**عملية التغذية الذاتية :**

هى عملية تكوين مواد عضوية معقدة من مواد خام بسيطة غير عضوية (معدنية) . وتتميز المواد العضوية الناتجة بأنها تتكون من ذرات كربون مرتبط مع بعضها البعض مكونه جزيئات عضوية تعرف بإسم المواد الكربوهيدراتية . على ذلك فيلزم لهذه التغذية توفر عنصر الكربون ومصدرة ثانى أكسيد الكربون الهواء الجوى والماء والطاقة الازمة لعملية البناء . وتختلف مصادر الطاقة المستخدمة لإتمام هذه العملية . وبناء عليه تقسم هذه الكائنات إلى :-

**أ- كائنات ذاتية التغذية تقوم بالتمثيل الكيميائى**

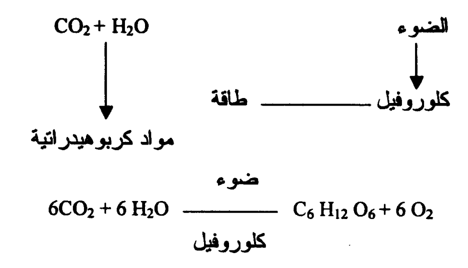
وتشمل أنواع مختلفة من البكتريا تحصل على طاقتها من إمتصاص مواد معدنية بسيطة من البيئة ثم تدخل فى سلسلة من التفاعلات الكيميائية تؤدى إلى انتاج الطاقة اللازمة لتحويل ثانى أكسيد الكربون إلى مادة كربوهيدراتية كما يلى:-




ومن أمثلة المواد المعدنية المستعملة بواسطة الكائنات الحية التى تقوم بالتمثيل الكيميائى عنصر الهيدروجين فى بكتريا الهيدروجين - عنصر الكبريت فى بكتريا الكبريت - عنصر الحديد فى بكتريا الحديد - وعنصر النتروجين فى بكتريا النيترة وعكس النيترة .

**ب- كائنات ذاتية التغذية تقوم بالتمثيل الضوئى**

وتحتوى هذه الكائنات على مادة الكلوروفيل التى تستخدم الضوء لتوفير الطاقة اللازمة للعمليات الحية لتخليق المواد الكربوهيدراتية كما يلى :-




$$6CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{ضوء}} C_6\,H_{12}\,O_6 + 6\,O_2$$

وتعتبر المادة الكربوهيدراتية هى الناتج الإبتدائى لعملية التمثيل الضوئى وهذه تدخل بعد ذلك فى سلسلة من التفاعلات الحيوية لتخليق المركبات العضوية المختلفة فعنصر النتروجين يدخل فى تكوين البروتين وعنصر المغنسيوم فى تكوين الكلوروفيل وعنصر الفوسفور فى تكوين مركبات الفوسفور الغنية فى الطاقة ...... وهكذا .

على ذلك يمكن القول بأن التغذية الذاتية للنبات تنقسم إلى الثلاث عمليات التالية :-

١) الحصول على المواد الغذائية الضرورية الغير عضوية (معدنية) البسيطة من البيئة النامى بها النبات وهذه تشمل ثانى أكسيد الكربون والماء والمواد المعدنية البسيطة (الصور الأيونية) ومع توفر الطاقة الضوئية تتم عملية التمثيل الضوئى أو الكلوروفيلى فى وجود الكلوروفيل .

٢) إنتقال داخلى لكل من المواد المعدنية ونواتج التفاعل العضوية (الكربوهيدراتية) إلى أجزاء النبات المختلفة .

٣) حدوث تفاعلات حيوية داخل النبات وتخليق المواد العضوية الحيوية المختلفة .

**الشروط الواجب توفرها فى العنصر الغذائى الضرورى لنمو النبات**

لا يدل وجود عنصر معين داخل فى تركيب النبات على أنه ضروريا للنبات . ولكى يكون العنصر ضروريا-لنمو النبات يجب أن تتوفر فيه الشروط الآتية :-

١) فى حالة غياب العنصر يعجز النبات عن النمو الطبيعى وإكمال دورة حياته.

٢) لا يحل محل العنصر أى عنصر أخر .

٣) يدخل العنصر فى تركيب جزئ حيوى له دور فعال فى العمليات الحيوية فى النبات .

والطريقة التى يمكن بها الإستدلال على أن عنصرا معينا ضروريا لنمو النبات هى زراعة بذور النبات فى محلول يحتوى على جميع العناصر ما عدا العنصر المراد إختيارة . وتستخدم لهذه الإختبارات المزارع المائية . وأول من إستخدم هذه المزارع العالم Sachs فى عام (1890) . يجب أن تكون الأملاح المستخدمة فى تحضير المحاليل المغذية عالية النقاوة وخالية من الشوائب وكذلك إستعمال الماء المقطر Deionized.

يجب أن نشير هنا إلى أن هذه الشروط السابق ذكرها يمكن أن لا تتحقق مع بعض العناصر فمثلا يمكن أن يحل البروميد محل عنصر الكلوريد فى بعض النباتات كذلك تعجز بعض الطحالب عن الإستفادة من النتروجين على صورة نترات ويعجز النبات عن النمو الطبيعى وذلك فى غياب عنصر الموليدنيوم . ولكن إستجاب الطحالب للنترات مع إضافة الموليدنيوم . وعلى العكس من ذلك عند إضافة النيتروجين على صورة أمونيا أو يوريا فإن

الطحالب تنمو نموا طبيعيا حتى فى غياب الموليدنيوم .

من المعروف أن النباتات الراقية تتبع مجموعة الكائنات الحية ذاتية التغذية . وتحتاج هذه النباتات إلى عناصر لكى تنمو نموا طبيعيا وبتقدم طرق الكمياء التحليلية أمكن التعرف حتى الآن على سبعة عشر عنصرا غذائيا . هذه العناصر الغذائية تقسم إلى مجموعتين تبعا لإحتياجات النبات من كل منهما كما يلى :-

١- العناصر الغذائية الضرورية الكبرى : Essential Macronutrients

وتشمل عناصر: (الهيدروجين – الكربون – الأكسجين – النيتروجين – الفوسفور – الكالسيوم – البوتاسيوم – المغنسيوم – الكبريت) .

٢- العناصر الغذائية الضرورية الصغرى : Essential Micronutrients

وتشمل: (الكلوريد – البورون – الحديد – المنجنيز – الزنك – النحاس – الموليدنيوم – الكوبلت) .

كذلك تقسم العناصر تبعا لطبيعة العمليات الحيوية التى تقوم بها داخل النبات إلى الأقسام التالية :-

١) عناصر مسئولة عن تبادل الطاقة Energy Exchange : الهيدروجين والأكسجين .
٢) عناصر مسئولة عن تخزين الطاقة Energy Storage : الكربون والنتروجين والكبريت والفوسفور .
٣) عناصر مسئولة عن الإنتقال Translocation : البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم .
٤) عناصر مسئولة عن الأكسدة والإختزال Oxidation and Reduction : المنجنيز والحديد والنحاس .

توجد بعض العناصر ذات قيمة حيوية لبعض النباتات دون الأخرى . وهذه تشمل عناصر السليكون والصوديوم والفانديوم . فالسليكون ضرورى لبعض الطحالب والصوديوم يمكن أن يحل أحيانا محل البوتاسيوم عند نقصه فى البيئة . والفانديوم ضروريا للطحالب الخضراء كما أنه يمكن أن يحل محل الموليدنيوم فى بعض أنواع البكتريا المثبته للنتروجين .

يحصل النبات على العناصر الغذائية من الأرض ومن الهواء الجوى والماء ولكن التربة تعتبر هى المصدر الرئيسى لجميع العناصر ما عدا الكربون والهيدروجين والأكسجين فيحصل عليها النبات من الهواء والماء . ويختلف محتوى التربة من هذه العناصر تبعا لنوع وطبيعة ونشأة التربة والمناخ والجداول التالية توضح هذا التركيب للعناصر الغذائية الكبرى والعناصر الغذائية الصغرى .

متوسط الكمية الكلية للعناصر فى الأراضى معبرا عنها كنسبة مئوية

| المكون | أراضى المناطق الرطبة | أراضى المناطق الجافة |
|---|---|---|
| المادة العضوية | 6.00 | 2.25 |
| النتروجين | 15.0 | 0.08 |
| الفوسفور | 0.04 | 0.07 |
| البوتاسيوم | 0.70 | 2.00 |
| الكالسيوم | 0.40 | 1.00 |
| المغنسيوم | 0.30 | 0.60 |
| الكبريت | 0.04 | 0.08 |

المدى والمتوسط للكمية الكلية للعناصر الغذائية الصغرى فى الأراضى معبرا عنها بالجزء فى المليون

| العنصر | المدى | المتوسط |
|---|---|---|
| الحديد | 50000-5000 | 25000 |
| المنجنيز | 10000-200 | 2500 |
| الزنك | 250-10 | 100 |
| البورون | 150-5 | 50 |
| النحاس | 150-5 | 50 |
| الكلوريد | 1000-10 | 50 |
| الكوبلت | 50-1 | 15 |
| الموليدنيوم | 5-0.2 | 2 |

التركيب العنصرى للنبات

يحتوى النبات على عديد من المركبات العضوية والمعدنية وتختلف كمية ونسبة هذه المكونات تبعا لنوع النبات والمعاملات الزراعية ونوع الأرض . كما أنها تختلف للنبات الواحد تبعا لعمره وأجزاؤه المختلفة . وقد تمكن العلماء من التعرف على أكثر من 60 عنصرا فى النبات ويحتمل زيادة هذا العدد مع تقدم طرق التحليل الكيميائية . ويمكن القول أن النباتات تحتوى على جميع العناصر التى توجد فى البيئة النامى فيها النبات . وقد يصل تركيز العنصر داخل النبات إلى كميات كبيرة فيتم التعبير عنها كنسبة مئوية أو كميات صغيرة يتم التعبير عنها كجزء فى المليون وذلك على أساس الوزن الكلى للنبات الجاف على درجة حرارة 65 درجة مئوية والجدول التالى يوضح تركيب ساق وأوراق الذرة .

التركيب العنصرى لسيقان وأوراق نبات الذرة

| العنصر | % على أساس الوزن الجاف | العنصر | % على أساس الوزن الجاف |
|---|---|---|---|
| الأكسجين | 44.75 | الكبريت | 0.17 |
| الكربون | 43.70 | الكلوريد | 0.14 |
| الهيدروجين | 6.26 | الألومنيوم | 0.11 |
| النتروجين | 1.46 | الصوديوم | 0.03 |
| السليكون | 1.17 | الحديد | 0.009 |
| البوتاسيوم | 0.92 | المنجنيز | 0.005 |
| الكالسيوم | 0.23 | الزنك | 0.003 |
| الفوسفور | 0.20 | البورون | 0.0005 |
| المغنسيوم | 0.18 | الموليدنيوم | 0.0001 |

يلاحظ من هذا الجدول سيادة عناصر الأكسجين والكربون والهيدروجين وهذه تدخل فى تركيب المركبات العضوية . وكذلك توجد عناصر النتروجين والسليكون والبوتاسيوم بكميات كبيرة فى النبات . ويلاحظ أنه على الرغم من وجود عنصر الألومونيوم فى التركيب المعدنى للأرض بكميات كبيرة إلا أنه يوجد فى تركيب النبات بكميات صغيرة جدا .

متوسط تركيز العناصر الغذائية فى النبات عند مستويات
تعتبر كافية لحاجة النبات

| العنصر | تركيز العنصر فى المادة الجافة للنبات | العدد النسبى للذرات بالنسبة للموليبدنيوم |
|---|---|---|
| الموليبدنيوم | 0.1 جزء فى المليون | 1 |
| النحاس | 6 جزء فى المليون | 100 |
| الزنك | 20 جزء فى المليون | 300 |
| المنجنيز | 50 جزء فى المليون | 1000 |
| الحديد | 100 جزء فى المليون | 2000 |
| البورون | 20 جزء فى المليون | 2000 |
| الكلوريد | 100 جزء فى المليون | 3000 |
| الكبريت | % 0.1 | 30000 |
| الفوسفور | % 0.2 | 60000 |
| المغنسيوم | % 0.2 | 80000 |
| الكالسيوم | % 0.5 | 125000 |
| البوتاسيوم | % 1.0 | 250000 |
| النتروجين | % 1.5 | 1.000000 |
| الأكسجين | % 45 | 30.000000 |
| الكربون | % 45 | 40.000000 |
| الهيدروجين | % 6 | 60.000000 |

الصور الصالحة لإستعمال النبات من العنصر الغذائى

لا يدل وجود العنصر الغذائى بكمية مناسبة فى الأرض على أنه سهل الإمتصاص بواسطة جذور النبات ولكن يجب أن يتوفر هذا العنصر فى صورة أيونية صالحة للإمتصاص بجذر النبات . والجدول التالى يوضح الصورة أو الصور من العنصر الغذائى الصالحة للإمتصاص بواسطة النبات .

الصور الصالحة من العناصر الغذائية للنبات

| العنصر الغذائى | الرمز الكيمائى | الصور الصالحة للإمتصاص |
|---|---|---|
| الكربون | C | HCO CO |
| الهيدروجين | H | O H (أنيونات مختلفة) |
| الأكسجين | O | O-OH (أنيونات مختلفة) |
| النتروجين | N | NH-NO |
| الفوسفور | P | HPO, PO |
| الكبريت | S | $SO^{-}_{4}$ |
| البوتاسيوم | K | $K^{+}$ |
| الكالسيوم | Ca | $Ca^{++}$ |
| المغنسيوم | Mg | $Mg^{++}$ |
| الحديد | Fe | $Fe^{++}$, $Fe^{+++}$ |
| المنجنيز | Mn | $Mn^{++}$ |
| الزنك | Zn | $Zn^{++}$ |
| النحاس | Cu | $Cu^{++}$ |
| الكوبلت | Co | Co |
| الكلوريد | Cl | $Cl^{-}$ |
| البورون | B | $B^{-}$ |
| المولبدنيوم | Mo | $M^{-}o$ |

**النمو والعوامل المحددة للنمو**

- يعرف النمو Growth :

بأنه التطور التقدمى للكائن الحى ويعنى بالتطور تكوينات لأعضاء جديدة أو عضو جديد فى النبات . ويعبر عن النمو بمقاييس وأبعاد مختلفة منها : (الوزن الجاف – الطول – الإرتفاع – القطر) .

والعوامل التى تؤثر على نمو النبات لم يعرف جميعها حتى الآن ولكن يمكن إعتبارها عموما عوامل وراثية وعوامل بيئية .

– العوامل الوراثية :

أهم الأمثلة الموضحة لدور الوراثة فى الإنتاج الزراعى هو الذرة الهجين كذلك يعتبر إستنباط سلالات مقاومة للأمراض ومقاومة للجفاف ومقاومة للأملاح مهم جدا وعامل رئيسى فى الزراعة فى كثير من مناطق العالم .

– العوامل البيئية :

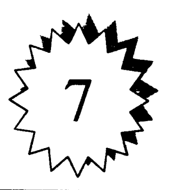
وهذه تعرف بأنها مجموعة الظروف الخارجية والموثرات التى تؤثر على حياة وتطور الكائن الحى . وأهم العوامل البيئية المعروفة حتى الآن هى:-

١) الحرارة .
٢) الإمداد الرطوبى .
٣) الطاقة الإشعاعية .
٤) تركيب الهواء الجوى والأرضى .
٥) محتوى الأرض من الغازات .
٦) تفاعل الأرض .
٧) العوامل الحيوية بالأرض .
٨) القدرة الإمدادية للعناصر الغذائية بالأرض .




# النيتروجين

- ❖ صور النيتروجين فى التربة.
- ❖ دورة النيتروجين.
- ❖ علاقة النيتروجين بنمو النبات.
- ❖ الأسمدة النيتروجينية.
- ❖ استجابة المحاصيل للأسمدة النيتروجينية.



# النيتروجين

**Nitrogen**

يعتبر النيتروجين من العناصر الأساسيه لنمو النبات حيث يدخل فى تركيب الأحماض الأمينيه والبروتين اللازمين لبناء أنسجة النبات وبروتوبلازم الخلايا.

محتوى الطـبـقـه السطحيه فى الأراضى المعدنيه من النيتروجـين يتراوح بين ٠,٠٢-٠,٥% بمتوسط ٠,١٥% وعلى ذلك فإن الهكتار يحتوى علىحوالى ٣,٣ Mg N. بينما يحتوى الهواء أعلى هذا الهكتار على حوالى ٣٠٠،٠٠٠ Mg N . ويتضح من ذلك إحتواء الهواء الجوى (٨٠% N )على مصدر لا نهائى من النيتروجين ولكن فى صورة غير صالحة لامتصاص النبات .

وتنقسم صور النيتروجين فى التربه الى :

**(i) نيتروجين معدنى**

ويمثل حوالى ١% من النيتروجين الكلى ويشمل أيونات النترات الذائبه

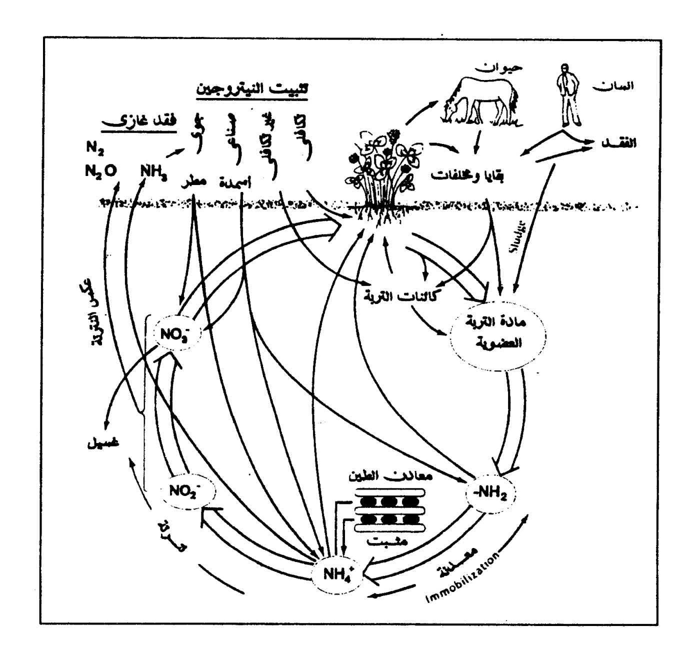
فى المحلول الأرضى وأيونات الأمونيوم المتبادله على أسطح معادن الطين . ومصدر النيتروجين المعدنى هو إضافه الأسمدة النيتروجينيه أو معدنه النيتروجين العضوى .

**(ii)نيتروجين عضوى**

ويمثل ٩٩% من كمية النيتروجين الكلى ويعتبر النيتروجين العضوى مخزونا للنيتروجين حيث يتم معدنه ما بين ١ -٤% سنويا ويصبح صالحا للأستخدام بواسطة النبات .

**دورة النيتروجين The Nitrogen Cycle**

تمثل دورة النيتروجين التفاعلات التى تحدث بين صور مختلفه للنيتروجين فى الأرض والنبات والحيوان والهواء (شكل رقم 7-1) فمحتوى التربه من النيتروجين ينتج أساسا من بقايا المحاصيل والأسمدة المعدنية والعضويه وما تحتويه الأمطار من أمونيوم ونترات . بالإضافة إلى تثبيت النيتروجين بواسطة أحياء التربه الدقيقه وتحويله إلى مركبات نيتروجينيه عضويه فى أجسامها ثم تحول هذه المركبات العضويه إلى صور معدنيه متعدده من خلال عمليه معدنه النيتروجين Mineralization. والنيتروجين المعدنى قد يمتص بواسطة النبات أو يفقد بالتطاير أو بالغسيل أو يتحول إلى مكونات عضويه فى أجسام أنواع معينه من أحياء التربه الدقيقه من خلال عملية immobilization . ومن خلال هذا العرض المبسط لدورة النيتروجين يتضح لنا تعرض النيتروجين فى صورته العضويه وغير العضويه إلى تغيرات عديدة ومستمرة تؤثر بشكل جوهرى على صلاحية النيتروجين للنبات ومدى الإستفادة منه .



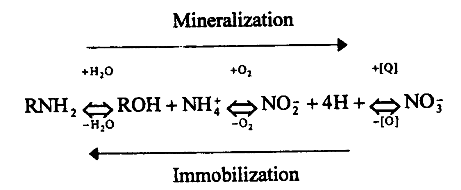

شكل (7-1): دورة النيتروجين توضح التحولات البيولوجيه الأساسيه (الدائره) للنيتروجين ومصادر النيتروجين فى التربه وكذلك فقد النيتروجين من التربه.

### الأقسام الرئيسيه فى دورة النيتروجين

#### (أ) Immobilization and Mineralization

وعملية Immobilization هى ببساطه تحول أيونات النيتروجين غير

العضويه ( $NH_4^+, NO_3^-$) إلى صور عضويه . وهذه العمليه تحدث أساسا عند إضافة بقايا النباتات والحيوانات ذات المحتوى المنخفض من النيتروجين فعند مهاجمة ميكروبات التربه لهذه البقايا تمتص أيونات النيتروجين غير العضويه وتحوله إلى أنسجه عضويه . وعند موت هذه الكائنات الحيه الدقيقه يتحول بعض النيتروجين العضوى إلى صـــــور تدخل فى تركيب الدبال والبعض الآخر يتحول إلى أيونات نترات وأمونيوم ($NH_4^+$). أما عمليه تحول الصور العضويه للنيتروجين إلى صور معدنيه ($NH_4^+$، $NO_3^-$) يطلق عليها معدنه Mineralization ويمكن تصوير عمليتى المعدنه Mineralization و Immobilization كما يلى:




$$RNH_2 \underset{-H_2O}{\overset{+H_2O}{\Leftrightarrow}} ROH + NH_4^+ \underset{-O_2}{\overset{+O_2}{\Leftrightarrow}} NO_2^- + 4H + \underset{-[O]}{\overset{+[O]}{\Leftrightarrow}} NO_3^-$$

ولقد أظهرت التجارب أن حوالى 2-3%من النيتروجين العضوى (Immobilized) يتم معدنته سنويا ويقدر بحوالى 60 kg N/ha/yr ويسد النيتروجين المعدنى جزء كبير من أحتياجات المحاصيل .

**(ب) مصيرمركبات الأمونيوم ($NH_4$) Fate of ammonium compounds**

يتم أستهلاك النيتروجين الموجود فى صوره أمونيوم ($NH^+_4$) كما يلى (شكل 7-2) :

(i) يستخدم بواسطة ميكروبات التربه ويتحول إلى صورة عضويه فى أجسامهم.

(ii) يتم إمتصاصه بواسطة النبات .

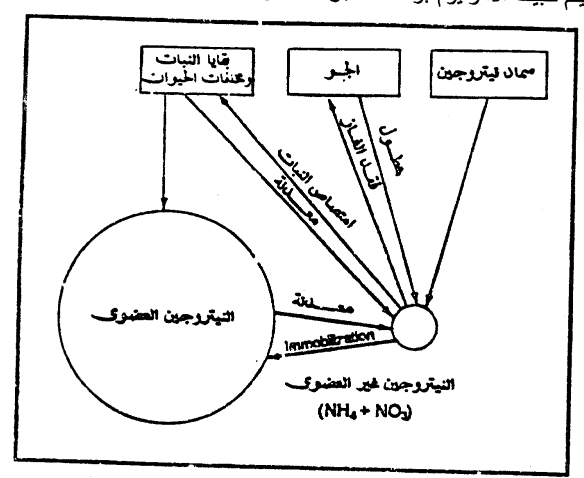
(iii) يتم تثبيته فى معادن الطين ( فيرميكيوليت) والمادة العضويه .

(iv) يفقد جزء منه على صور غاز الأمونيا ($NH_3$ ) إلى الجو .

(v) يتحول بواسطة أنواع معينه من البكتريا إلى نيتريت ونترات .

**(١) تثبيت الأمونيوم :**

يقدر الأمونيوم المثبت فى التربه بحوالى ١٠% من النيتروجين الكلى ويتم تثبيت الأمونيوم بواسطة الجزء العضوى وغير العضوى فى التربه .




شكل (7-2) : مصادر وعمليات تحول النتروجين العضوى والمعدنى

**التثبيت بواسطة معادن الطين :**

العديد من معادن الطين 2:1 لها القدره على تثبيت أيونات الأمونيوم

ومثال ذلك الفيرمكيوليت والميكا فحجم أيونات الأمونيوم يناسب حجم الفراغات الموجوده فى التركيب البلورى لهذه المعادن وبالتالى يدخل أيون الأمونيوم فى هذه الفراغات ويصبح جزء من التركيب البللورى للمعدن أى يتم تثبيته ويصبح فى الصورة غير المتبادله nonexchangeable from وهذه الصوره يمكن أن تنطلق ببطء شديد ويستفيد منها النبات ويمكن التعبير عن الصوره المختلفه للأمونيوم فى التربه كما يلى :

$$NH_4 \Leftrightarrow \boxed{Micelle}\ NH_4^+ \Leftrightarrow \boxed{-NH_4^+\ Micelle}$$

المحلول الأرضى　　متبادل　　مثبت

**التثبيت بواسطة مادة التربة العضوية :**

عند اضافه الأسمدة النيتروجينيه التى تحتوى على أمونيا ($NH_3$) إلى التربه تتفاعل هذه الأسمدة مع مـــادة التربه العضويه وتكون مركبات صعـــبه التحلل ويـــقـــال فى هذه الحاله أن الأمونيا تم تثبيتها بواسطة المادة العضوية . وفى الأراضى المعدنيه يحدث معدنه للأمونيا المثبته ويستفيد منها النبات على المدى الطويل .

**(٢) تطاير الأمونيا Ammonia Volatilization**

الأمونيوم الموجودة فى الأرض والناتجه عن إضافة الأسمدة الأمونيوميه أو اليوريا أو الناتجه عن معدنه النيتروجين العضوى ( أسمدة عضوية ) يمكن أن تفقد بكميات كبيرة عن طريق تطاير الأمونيا ($NH_3$) . وتطاير الأمونيا يحدث فى المحاليل القاعديه ولذلك فتطاير الأمونيا يحدث بكميات كبيرة عند إضافه الأسمدة الأمونيوميه أو اليوريا على سطح الأراضى الجيريه أو القاعديه وقد يصل إلى حوالى ٣٠% .

وعند إضافة أيون الأمونيوم إلى أراضى جيرية يحدث التفاعلين التاليين :

$$(NH_4)_2Y + CaCO_3 \rightarrow (NH_4)_2CO_3 + CaY \qquad (Y = \text{Various anions})$$

$$(NH_4)_2CO_3 + HOH \rightarrow 2NH_3 \uparrow (gas) + 2HOH + CO_2 \uparrow (gas)$$

**ويمكن تلخيص فقد الأمونيا بالتطاير فى الأراضى كما يلى :**

- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيرا فى الأراضى الجيريه .
- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيرا عند إضافة الأسمدة على سطح التربه .
- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيرا فى درجات الحرارة المرتفعة .
- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيرا فى الأراضى ذات السعه التبادليه الكاتيونية المنخفضة .

**(٣) التأزت ( النترته ) Nitrification**

وهى عملية أكسده الأمونيوم إلى نترات بواسطة أنواع معينه من الكائنات الحيه الدقيقه الموجوده فى التربه وتتم على خطوتين :

(i) أكسدة الأمونيوم إلى نيتريت ($NO_2^-$) بواسطة الجنس البكتيرى Nitrosomonas.

(ii) أكسدة النيتريت إلى نترات ($NO_3^-$) بواسطة جنس Nitrobacter .

ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلات كما يلى :

**الخطوة الأولى :**

$$\xrightarrow{\text{Nitrosomonas}}$$

$$NH_4^+ \xrightarrow{[O]} HONH_2 \xrightarrow{-2H} \tfrac{1}{2}\,HONNOH \xrightarrow{[O]} NO_2^- + H^+ + \text{Energy}$$

Ammonium — Hydroxylamine — Hyponitrite — Nitrite

**الخطوة الثانية :**

$$NO_2^- \xrightarrow{[O]} NO_3^- + Energy \quad \text{(Nitrobacter)}$$

وغالبا ما تحدث الخطوة الثانية مباشرة بعد الخطوة الأولى وذلك حتى لايتجمع النيتريت فى التربه والذى يعتبر سام للنبات .

**(جـ) مصير النترات Fate of Nitrate**

النيتروجين الموجود فى التربه على صورة نترات نتيجة اضافة الأسمدة أو المتكون نتيجه عمليه التأزت قد يحدث له ما يلى :

(١)يستخدم بواسطة النباتات والكائنات الحيه الدقيقه فى التربه فى عمليات التمثيل الغذائى assimilations .

(٢)يفقد فى مياه الصرف .

(٣)يفقد فى صورة غاز عن طريق عمليه عكس التأزت denetrification.

**(١)التمثيل الغذائى بواسطة النباتات والكائنات الحيه الدقيقه :**

كلا من النباتات والكائنات الحيه الدقيقه فى التربه يستخدمان النترات فى عمليات التمثيل الغذائى . وفى بعض الأحوال يمكن للكائنات الحيه الدقيقه استهلاك النترات من التربه بصوره أسرع من النباتات مما يكون له أثر سئ على النباتات فى حالة عدم وجود كفايه من النترات فى التربه .

**(٢)الفقد بالغسيل :**

نتيجة لأن أيون النترات يحمل شحنه سالبه فانه لايدمص على غرويات التربه المحمله بشحنه سالبه وبذلك يكون عرضه للفقد بالغسيل بواسطة الماء المستخدم فى الرى أو عند سقوط الأمطار وتتوقف كمية النترات المفقودة فى

مياه الصرف على المناخ والممارسات الزراعيه . وفقد النترات بالغسيل فى مياه الصرف قد يؤدى إلى إرتفاع تركيز النترات فى المياه الجوفيه إلى درجة تكون ضاره بالأنسان والحيوان ولذلك يجب الحد من فقد النترات بالغسيل للحفاظ على البيئه من التلوث .

**(٣)عكس التأزت Denetrification :**

يحدث فقد النترات من التربه على الصوره الغازيه نتيجه عمليه عكس التأزت denetrification حيث يتم إختزال النترات إلى مركبات غازيه بواسطة أنواع من البكتريا اللاهوائيه إختياريا Faculative anaerobic Bacteria وفى عمليه عكس التأزت يختزل النيتروجين خماسى التكافؤ فى النترات تدريجيا إلى نيتروجين أقل فى التكافؤ كما يلى :

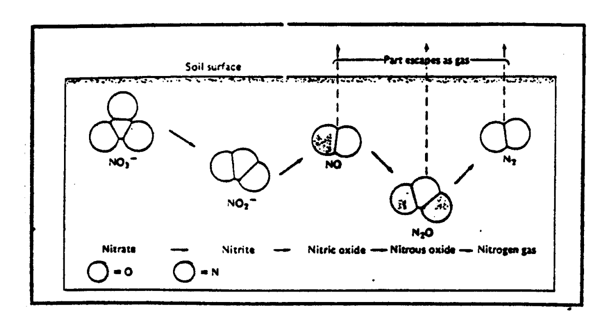
$$2NO_3^- \xrightarrow{-2[O]} 2NO_2^- \xrightarrow{-2[O]} 2NO \xrightarrow{[O]-} N_2O \xrightarrow{-[O]} N_2$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nitrate ions | Nitrite ions | Nitric oxide | Nitrous oxide | Elemental nitrogen |
| (+5) | (+3) | (+2) | (+1) | (0) |

كل خطوة من خطوات التفاعل السابق تتم فى وجود إنزيم أختزال متخصص علما بأن التفاعل يمكن أن يقف عند أى خطوة من خطوات التفاعل وينطلق الغاز فى صورة NO أو $N_2O$ أو $N_2$ إلى الجو ( شكل7-3) .

**(د) التثبيت البيولوجى للنيتروجين Biological Nitrogen Fixation**

التثبيت البيولوجى للنيتروجين هو عمليه كيموحيويه يحدث فيها تحول عنصر النيتروجــين إلى مركب نيتروجــينى عضــوى بواســطــة عدد من الكائنات الحيه الدقيقه مثل أنواع عديدة من البكتريا وبعض أنواع الأكتينوميسيتات والبكتريا الخضراء المزرقه Cyanobacteria .




**شكل (7-3) : يوضح كيفيه حدوث الإختزال فى عمليه عكس التأزت . البكتريا تأخذ الأكسجين من أيون النترات ويتبقى أيون النيتريت الذى بدوره يفقد أكسجين ويتحول إلى أكسيد النيتريك وهكذا .**

وتقدر كمية النيتروجين المثبت على المستوى العالمى بحوالى 175 مليون طن سنويا ولذلك فإنه يطلق على عمليه تثبت النتيروجين بأنها من أهم العمليات الحيويه على الأرض والتى تلى عملية التمثيل الضوئى فى الأهميه (7-2) .

جدول (7-2) التثبيت البيولوجى للنيتروجين من مصادر مختلفه .

| الاستخدام | المساحه $10^6$ ha | النيتروجين المثبت فى العام ($10^6$ Mg) |
|---|---|---|
| أرض منزرعة بالبقوليات | 250 | 35 |
| أرض منزرعة بغير البقوليات | 1150 | 9 |
| أراضى حشائش | 3000 | 45 |
| أراضى غابات | 4100 | 40 |
| أراضى غر منزرعه | 4900 | 10 |
| البحار | 36100 | 36 |
| المجموع | 49500 | 175 |

**ميكانيكية تثبيت النيتروجين mechanism of N fixztion**

تتم عمليه تثبيت النيتروجين بوجه عام كما يلى :

١- إختزال غاز النيتروجين إلى أمونيا

$$N_2 + 6H + 6e^- \xrightarrow[\text{Fe, Mo}]{\text{nitrogenase}} 2NH_3$$

٢- تتحد الأمونيا مع الأحماض العضويه ويتكون أحماض أمينيه وبروتينات

$NH_3$ + Organic acids → amino acids → proteins

**نظم تثبيت النيتروجين**

يتم تثبيت النيتروجين بيولوجيا من خلال النظم التاليه وفى وجود أو عدم وجود النباتات كما يلى :

١. نظام تكافلى ( تتكون فيه عقد بكتيريه) مع :

أ – النباتات البقوليه leg umes .

ب- النباتات غير البقوليه nonlegumes .

٢.نظام تكافلى لاتتكون فيه عقد بكتيريه .

٣.نظام لا تكافلى .

وعلى الرغم من أن النطام التكافلى مع البقوليات قد حظى بأهتمام الدارسين لفترة كبيرة . إلا أن الدراسات الحديثه أظهرت أهميه النظم الأخرى فى تثبيت النيتروجين. ولذلك فسوف نناقش باختصار نظم تثبيت النيتروجين .

**(١) التثبيت التكافلى للنيتروجين**

**أ - النباتات البقولية Symbiotic Fixation with Legumes**

يعتبر نطام المعيشة التكافلى بين البقوليات والبكتريا من جنس Rhizobium هو المصدر الرئيسى لتـــثـــبـــيت النيتروجـــين فى الأراضى الزراعـــيـــه . حـــيـــث تقـــوم البكـــتريا Rhizobium بغزو الشعيرات الجذرية وتكوين عقد بكتيريه تعمل على تثبيت النيتروجين وإمداد النبات بحاجته من النيتروجين بينما يقوم النبات بإمداد البكتريا بحاجتها من المواد الكربوهيدراتيه والطاقه أى أن المنفعه هنا تبادليه .

تختلف أنواع البكتريا من الجنس Rhizobium والتى تكون العقد الجذرية بأختلاف نوع النبات البقولى . ويوضح الجدول رقم (7-3) أنواع Rhizobium المختلفه المصاحبه للنباتات البقوليه . وفى بعض المناطق التى يتم فيها زراعه البقوليات بانتظام نجد أن أعداد أنواع Rhizobium المتخصصه فى تثبيت النيتروجين غير كافيه ولذلك يجب تلقيح التربه أو تلقيح بذور البقوليات بالعقد البكتيريه المتخصصه .

جدول (7-3): بعض مجاميع النباتات البقوليه وأنواع Rhizobium المصاحبه.

| المجموعه | نوع Rhizobium | النبات البقولى |
|---|---|---|
| البرسيم Clover | R. Trifolii | Trifolium spp. (Clover) |
| فول الصويا | R. Japonicum | Glycine max (Soybeans) |
| الفول | R. Phaseoli | Phaseolus vulgaris |
| البسله | R. Leguminosarum | Pisum (peas) |
| الترمس | R. Lupini | Lupinus (lupines) |

ويتوقف معدل تثبيت النيتروجين على ظروف التربه والمناخ حيث يقل معدل تثبيت النيتروجين بزيادة محتوى التربه من النيتروجين الصالح للنبات أى أن تثبيت النيتروجين يحدث عندما يحتاج النبات إلى النيتروجين ولايمكنه الحصول عليه من التربه.

ب – النباتات غير البقوليه Symbiotic Fixation with nonlegumes

يوجد حوالى 160 نوع من النباتات غير البقوليه يمكنها تكوين عقد جذريه وتثبيت النتروجين تكافليا وتتواجد أغلب هذه النباتات فى الغابات والأراضى الغدقه حيث تعمل الأكتينوميسيتات من نوع Frankia على غزو الشعيرات الجذرية لهذه النباتات وتكوين عقد جذريه بها . كما يمكن للبكتريا من النوع blue green bacteria (Nostoc) من تثبيت النيتروجين تكافليا مع بعض أنواع النباتات . ويوضح الجدول رقم (7-4) معدل تثبيت النيتروجين تكافليا مع النباتات غير البقوليه بالمقارنه مع معدل تثبيت النيتروجين تكافليا مع النباتات البقوليه .

جدول (7-4): مستويات تثبيت النيتروجين فى نظم التثبيت المختلفه .

| النبات | الكائن الحى الدقيق | مستوى تثبيت النيتروجين (Kg N/ha per yr) |
|---|---|---|
| **تكافلى** | | |
| ١- بقوليات ( تكون عقد) | | |
| برسيم Clover | بكتريا Rhizobium | 100-150 |
| فول صويا | | 50-150 |
| ترمس | | 50-100 |
| فـــول | | 30-50 |
| ٢- غير بقوليه ( تكون عقد) | | |
| Alders | أكتينوميسيتات (Frankia) | 50-150 |
| Gunnera | بكتريا خضراء مزرقه (Nostoc) | 10-20 |
| ٣- غير بقوليه ( لاتكون عقد) | | |
| Bahia grass | بكتريا (Azotobacter) | 5-30 |
| Azollce | بكتريا خضراء مزرقه (Anabaena) | 150-300 |
| **لاتكافلى** | | |
| | بكتريا Azotobacter | 5-20 |
| | Clostridium | 5-20 |
| | بكتريا خضراء مزرقه | 10-50 |

**(٢) تثبيت النيتروجين تكافليا بدون تكوين عقد جذريه**

**Symbiotic Nitrogen Fixation without Nodules**

أظهرت الدراسات الحديثه وجود نظام تثبيت النيتروجين فى النباتات غير البقوليه بدون أن يتكون عقد جذريه ومثال ذلك قيام بعض أنواع البكتريا الخضراء المزرقه (Anabaena) بعمل عقد على أوراق الأزولا وتثبيت كميات كبيرة من النيتروجـــين (جدول رقم 7-4) وكذلك قيام البكتريا من النوع

Azotobater بتثبيت النيتروجين فى منطقة الجذور Rhizosphere بدون تكوين عقد جذريه مع النباتات غير البقوليه ( الحشائش) وهذه البكتريا تستخدم افرازات جذور النباتات Root exudates كمصدر للطاقه ويتراوح معدل تثبيت النيتروجين فى منطقة الجذور بين 5-30 kg N/ha.

**(٣) تثبيت النيتروجين لاتكافليا**

يوجد فى الأرض والماء أنواع عديدة من البكتريا التى تعيش معيشه حرة ولها القدره على تثبيت النيتروجين بدون الأعتماد على النباتات ومن أمثله ذلك البكتريا من جنس Azotobacter و Clostridium وبعض أنواع البكتريا الخضراء المزرقه . وتتوقف كمية النيتروجين المثبته لاتكافليا تبعا لدرجه حموضه التربه وكميه المادة العضويه فيها ومحتوى التربه من النيتروجين الصالح للنبات . وبوجه عام نجد أن كمية النيتروجين المثبت لاتكافليا أقل كثيرا من النتروجين المثبت تكافليا مع البقوليات حيث تتراوح بين 3-15 kg N ha/yr (جدول 7-4) .

**علاقة النتروجين بالنمو النباتى**

يمتص النبات النتروجين إما على صورة كاتيون أمونيوم($NH_4^+$) أو أنيون نترات ($NO_3$) ويدخل النتروجين فى بناء البروتين وبروتوبلازم الخلايا النباتية والكلوروفيل والأنزيمات والأحماض النووية . وتوافر النتروجين يساعد على النمو السريع وزيادة النمو الخضرى فى وجود كميات كافية من الفوسفور والبوتاسيوم وغيرهما من العناصر الأساسية الميسرة .

والأمداد الكافى بالنتروجين فى المراحل الأولى من حياه النبات يطيل فترة النمو مما يفيد المحاصيل التى تتميز بموسم نمو قصير كما أن الزيادة المفرطة فى النتروجين الميسر يؤدى إلى إنتاج أنسجة نباتية ناعمة عصارية عرضة للأصابة الميكانيكية والحشرية مما يقلل من وجود المحصول .

**أعراض نقص النتروجين**

يسبب نقص النتروجين نمو غير طبيعى للنبات وظهور لون أخضر فاتح يميل إلى الأصفرار على الأوراق وتبدأ الأوراق السفلى الأكبر عمرا فى التحول ثم الأصفر عند طرفها، وقد تتحول الورقة بالكامل إلى اللون الأصفر حتى ولو بقى النسيج حيا ومنتفخا . وفى أوراق الذرة يمتد اللون الأصفر إلى العرق الوسطى للورق فى حين تبقى حافة الورقة خضراء . وقد يسبب نقص النتروجين فى الخيار ثمرة ذات نهاية صغيرة مدببه ، كما يؤدى نقص النتروجين فى محاصيل الحبوب إلى خفه وزن الحبه ، أما نقص النتروجين فى أشجار الفاكهه فيسبب التساقط المبكر للأوراق وموت البراعم الجانبية وضعف عقد الثمار وإنتاج ثمار ذات ألوان غير عادية .

## الأسمدة النيتروجينية

تقسم الأسمدة النيتروجينية إلى أسمده عضوية وأسمدة كيماوية :

١- الأسمدة العضوية الطبيعية

وهى عبارة عن مخصبات تضاف للأرض الزراعية لإمدادها بالمواد العضوية والعناصر الغذائية الأساسية والثانوية وتنتج من تربية الماشية والحيوانات والطيور الداجنة كالسباخ البلدى والسبلة وزبل الحمام وزرق الدجاج والبط والأوز او مخلفات المصانع ككسب بذرة القطن أو الأعشاب البحرية والأسمدة الخضراء . والجدول التالى يبين الأسمدة العضوية ومحتواها من النيتروجين .

| المصدر | % النيتروجين | المصدر | % النيتروجين |
|---|---|---|---|
| سماد الدم المجفف | ٨,٥-٧,٥ | سماد اللحم المجفف | ٦,٥-٥,٥ |
| سماد القرون والحوافر | ٨,٥-٧,٥ | سماد مسحوق العظام | ٢,٥-٠,٥ |
| سماد مسحوق السمك | ٥,٥-٤,٥ | كسب بذرة القطن | ٧-٦ |
| سماد كسب بذرة الخروع | ٤,٥-٣,٥ | السماد البلدى | ٠,٢٥-٠,٢٣ |
| سماد السبلة | ٠,٦٥-٠,٥٥ | سماد المجارى | ٢,١-١,٩ |
| سماد زرق الحمام | ٤,٢-٣,٨ | | |

٢- الأسمدة الكيميائية النيتروجينية

معظم الأسمدة الكيميائية النيتروجينية هى مركبات للأمونيا تتكون صناعيا من إتحاد النتروجين مع الهيدروجين وقليل جداً من هولاينتج من الأمونيا وتقسم الأسمدة الكيميائية النيتروجينية إلى :

أ – أسمدة أمونيومية

ب– أسمدة نترانية

ج – أسمدة بطيئة الأنحلال (Thiourea)

د – مركبات أخرى

ويتم تحضير معظم الأسمدة الآزوتية فى الصناعة تبعا للمخطط التالى :

$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO \xrightarrow{+O_2} 2NO_2 \xrightarrow{+H_2O} 2HNO_3$

$2HNO_3 \xrightarrow{+ Nacl} NaNo_3$

$2HNO_3 \xrightarrow{+ Nacl} C(NO_3)_2$

$N_2 + O_2 \xrightarrow{+ 6H}$

$2NH_3 \rightarrow + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2 SO_4$

$2NH_3 \rightarrow + 2HNO_3 \rightarrow 2 (NH_4) NO_3$

$2NH_3 \rightarrow + CO_2 \rightarrow NH_2 - C^{o} - NH_2$

$2NH_3 \rightarrow + CO_2 \;\; + Ca \rightarrow CaCN_2$

والجدول التالى يوضح بعض الأمثلة لأسمدة النيتروجين القابلة للذوبان فى الماء .

| الأســـم | الرمز الكيميائى | % للنتروجين | صورة النتروجين | طريقة التحضير صناعيا |
|---|---|---|---|---|
| نترات الصودا | $NaNO_3$ | 15.4-16.5 | $NO^-_3$ | أ - طبيعيا فى شيلى .<br>ب- بتثبيت الآزوت الجوى وتحويلة إلى حامض نيتريـك ثـم تفاعلـة مـع كلوريـد الصوديوم. |
| نترات الجير | $Ca(NO_3)_2$ | 13.5-15.5 | $NO^-_3$ | - بتثبيت الآزوت الجوى وتحويلة إلى حامض النيتريك ثم تفاعلة مع كلوريد الكالسيوم. |
| كبريتات النشادر | $(NH_4)_2SO_4$ | 19.5-21.2 | $NH^+_4$ | أ - تثبيت الآزوت الجوى وتحويلة إلى نشادر ثم تفاعلها مع حامض الكبريتيك.<br>ب- كناتج ثانوى فى عملية تقطير الفحم . |
| نترات النشادر | $NH_4NO_3$ | 33-35 | $NH^+_4 , NO^-_3$ | - ينتج النشادر وحامض النيتريك من تثبيت الآزوت ثم يتفاعلا معا لتكوين السماد . |
| سيناميد الجير | $CaCN_2$ | 20-32.5 | $CN^-_2$ | - ينتج من تفاعل النشادر مع ثانى أكسيد الكربون ثم ملح الكالسيوم . |
| اليوريا | $NH_2 - C - {}^{O}NH_2$ | 46 | $NH_2$ | - تنتج بإتحاد النشادر مع ثانى أكسيد الكربون . |
| أمونيا لا مائية | | 82 | $NH_3$ | - تستخدم مباشرة ز |
| أمونيا مائية | | 24 | $NH_3$ | - تتكون عندما تمتص الأمونيا فى الماء . |
| يوريا فورمالدهيد | | 35-40 | | - تحتوى على نتروجين غير ذائب وبطئ التيسر . |
| يوريا مغلفة بالكبريت | | 39 | | - بطئ الإنطلاق ويحتوى ١٠% كبريت . |
| محاليل نتروجينية | | متغيرة | | - تحتوى محاليل أمونيا مائية ونترات أمونيوم ويوريا . |

وفيما يلى سلوك وصفات الأسمدة النيتروجينية :-

**- نشادر لا مائية**

يضغط غاز الأمونيوم فى أنابيب من الصلب فيصبح فى حالة سائلة تخزن كسائل تحت ضغط عالى . وتضاف حقنا تحت سطح الأرض أو مع ماء الرى وتقلل الرطوبة الفقد بالبخر والامونيوم بالنسبة لأنها غاز فجزء منها يفقد بالتطاير خلال وبعد إضافتها . كما أن من عيوبها أن الامونيوم الحرة سامة للكائنات الدقيقة وبالتالى تؤخر عملية التازت ولكن بعد فترة تكون اسرع من الأصل . والأمونيوم اللامائية تخفض الرقم الهيدروجينى للأرض بعد عملية التأزت ودرجة هذا التغير تتوقف على القدرة التنظيمية للأرض . وجزء كبير من الفقد فى النشادر المضافة يعزى إلى تثبيت الامونيا بواسطة معادن الأرض.

**- النشادر . كبريت لا مائية**

استغل ذوبان الكبريت فى النشادر اللامائية لعمل سماد من الأمونيوم والكبريت . حيث يتطاير الأمونيوم ويترسب الكبريت الذى يتأكسد بفعل البكتريا إلى حامض كبريتيك . ويستعمل هذا السماد فى الحبوب الصغيرة وبعض المحاصيل .

**- النشادر المائية ومحاليل النيتروجين**

تحضر النشادر المائية بإذابة غاز النشادر فى الماء وتحضر محاليل النتروجين بإذابة أملاح النيتروجين مثل نترات الأمونيوم واليوريا فى الماء أو فى النشادر المائية . وتقسم جميع محاليل النيتروجين أما إلى مضغوطة أو غير مضغوطة على أساس وجود غاز النشادر الحر من عدمه. وقد اتفق على نظام لوصف محاليل النيتروجين يوضح النسبة المئوية.

– **مجموعة الأسمدة الأمونيوميه**

تستعمل المركبات المونيوميه التالية كأسمدة نتروجينية :

١– نشادر لا مائية . تحتوى ٨٢% نتروجين

٢– نشادر– كبريت لا مائية . ٧٤% نيتروجين، ١٠% كبريت

٣– نشادر مائية ومحلول أمونيوم . ٢٤–٤٩% نيتروجين

٤– نترات الامونيوم . ٣٢–٣٣% نيتروجين

٥– نترات الامونيوم الجيرية . ٢٠,٥% نيتروجين

٦– نترات كبريتات الامونيوم . ٣٠% نيتروجين

٧– كبريتات الامونيوم . ٢٠,٥% نيتروجين ،٢٣,٤% كبريت

٨– فوسفات الامونيوم الاحادية . ١١% نيتروجين ، ٢١ فوسفور

٩– فوسفات الامونيوم الثنائية . ١٦–٢١% نيتروجين ،٢١–٢٣% فوسفور

١٠– كبريتات – فوسفات الامونيوم . ١٦% نيتروجين ، ٩%فوسفور ، ١٥% كبريت

١١– كلوريد الامونيوم . ٢٦% نيتروجين

١٢– يوريا . ٤٥% نيتروجين

١٣– كبريتات اليوريا . ٤٠% نيتروجين ، ١٠% كبريت

١٤– فوسفات اليوريا .

صفات وسلوك كل من هذه المواد فى الأرض تتضح فى الجزء التالى للنيتروجين الكلى مع حزف العلامة العشرية ثم يتبع ذلك داخل قوسين النسبة المئوية لكل من النشادر – نترات الامونيا – واليوريا ورقم رابع يمثل أى مصدر أخر للنيتروجين إذا وجد . كل هذه الأرقام تقترب لاقرب صحيح

وتوضع بنفس الترتيب السابق ثم الاسم التجارى أو اسم الشركة عادة ، يسبق النسبة المئوية للنيتروجين مثلا محلول كتب علية (0-0-25) 20.6 فهو محلــول نشادر يحتوى ٢٠,٦% نيتروجين كلى، ٢٥% نشادر، محلول كتب عليه (-19 66-6) A414 معناه يحتوى ١٤,٤% نيتــروجين كلــى ، ١٩% ، ٦٦% ،٦% نشادر ، نترات الامونيوم ويوريا على التوالى .

المحاليل عديمة الضغط يمكن رشها مباشرة على الأوراق أو تنقط ولكن الرش على الأوراق يسبب بعض الحروق للأوراق خاصة الحشائش والحبــوب الصغيرة.

**نترات الامونيوم ونترات الامونيوم الجيرية**

هذان المنتجان يحتويان من ٣٢-٣٥,٥% ، ٢١,٥% نيتــروجين علــى التوالى . الاختلاف فقط فى نسبة النيتروجين وأن احداهما مغلف بالدولوميت . نظريا الدولوميت يعادل الحموضة التى تنشأ عن تأزت الامونيا . ولكن نترات الامونيوم متميعة لذلك يجب ألا تترك معرضة مده طويلة . ولا تخزن بقــرب مواد عضوية قابلة للاكسدة وإلا سببت انفجار.

**نترات كبريتات الامونيوم $NH_4\,NO_3(NH_4)_2SO_4$**

يتكون من معادلة خليط حامض النتريك والكبريتيك بالأمونيا . سلوكها فى الأرض يشابة سلوك نترات الأمونيوم . فهو سهل التداول والتخزين كما أنه نافع بالنسبة للمحاصيل التى تحتاج كل من النتروجين والكبريت .

**كبريتات الامونيوم $(NH_4)_2\,SO_4$**

كبريتات الامونيوم تحتوى ٢٠,٥% نتروجين ، ٢٣,٤% كبريت . وهى تحضر من نواتج التقطير الاتلافى للفحم الحجرى . وهو سهل التداول ومصدر لكلا من النيتروجين والكبريت . فهو مصدر جيد للكبريت للأراضى التى تعانى نقص الكبريت . وهى أكثر حموضة من نترات الامونيوم .

**فوسفات الامونيوم**

فوسفات الامونيوم الاحادية $NH_4H_2PO_4$ والثنائية $(NH_4)_2HPO_4$ وفوسفات الامونيوم $(NH_4)_3PO_4$ تعتبر من المصادر المهمة للفوسفور أكثر منها مصادر للنيتروجين .

**كلوريد الامونيوم $NH_4CL$**

يحتوى كلوريد الامونيوم ٢٦% نيتروجين وتستعمل فى مزارع الأرز . وهى تفضل فى مزارع الأرز عن كبريتات الامونيوم لأنه فى الظروف اللاهوائية تختزل الكبريتات إلى غاز الهيدروجين السام ، كما أنه سوف يرسب المعادن مثل الحديد والمنجنيز . وتظهر علامات نقص هذه المعادن على النباتات .

والمعدلات الصغيرة تعطى نفس الاستجابة ككبريتات الامونيوم بالنسبة للحشائش لكن فى المعدلات الكبيرة تعطى محصول أقل قد يرجع ذلك إلى التلف الناتج من تلامس السماد للاوراق .

**اليوريا $CO(NH_2)_2$**

ينتج من تفاعل النشادر مع غاز ثانى أكسيد الكربون تحت ضغط وحرارة مرتفعة وهى تحتوى أعلى نسبة من النتروجين (٤٥%) بين الأسمدة المتوفرة حاليا .

وهى تتحلل مائيا مجرد اضافتها إلى الأرض معطية كربونات الامونيوم كالآتى :-

$$CO(NH_2)_2 + *2H_2O \longrightarrow (NH_4)_3CO_3$$

كربونات الامونيوم مركب غير ثابت يتحلل إلى امونيا وثانى أكسيد الكربون . وتمتص $NH_4$ أو $NH_3$ على سطح الغرويات ثم تتأزت وهى فى النهاية سماد حامضى التأثير .

ويساعد تحلل اليوريا وجود انزيم اليورياز والذى يوجد فى معظم الأراضى بكميات كبيرة تكفى تحويل اليوريا إلى $NH_4$ وبالرغم من أن اليورياسماد جيد إلا أنه يجب تفهم بعض سلوكه فى الأرض حتى نحصل على أكبر استفادة .

بالنسبة لسرعة تحللها وانتاج الامونيا فلو أضيف إلى سطح أرض خاليه من النباتات سوف يفقد جزئ كبير من الامونيا بالتطاير فلابد من خلطها فى الطبقة السطحية من الأرض . وقد يستعمل مثبطات لانزيم اليورياز بحيث تقلل سرعة تحلل اليوريا عند اضافتها للأرض مثل 2,5-dimethyl-benzoquinone بمعدل ٢,٣% من اليوريا أو P-quinones وهذا يقلل من الضرر المسبب للبادرات من النشادر عند وضع اليوريا قريبة من البادرات .

وقد تكون البيوريت فى الصناعة مع اليوريا وهو سام للنباتات ويجب ألا يتعدى تركيزه ١,٥-٢% .

**يوريا – كبريت**

يحتوى ٤٠% نيتروجين ، ١٠% كبريت . عند إضافته إلى الأرض تذوب اليوريا تاركه هيكل من الكبريت الذى يتأكسد بعد ذلك بواسطة بكتريا الكبريت مكونا الكبريت .

**يوريا – فوسفات**

قد تحتوى على ١٧,٧% نيتروجين ، ١٩,٦% فوسفور ٤٤,٩% $P_2O_5$ أو ٢٩% نيتروجين ، ١٢,٧% فوسفور (٢٩% $P_2O_5$) حسب طريقة التصنيع .

**مصادر النترات**

تعتبر كثير من املاح النتارات اسمدة نيتروجينية :

– نترات الصوديوم ($NaNO_3$ ، ١٦% نتروجين ) .

- نترات البوتاسيوم (KNO ، ١٣,٨% نتروجين ، ٣٦,٥% بوتاسيوم) .
- نترات الكالسيوم[ $Ca(NO_3)_2$ ، ١٥,٥% نتروجين ، ١٩,٥% كالسيوم] .
- نترات الأمونيوم سبق الكلام عنها .

الأسمدة النتراتية جيدة الذوبان وعند إضافتها إلى الأرض تمتص جيدا بواسطة النباتات . وهى تتعارض للفقد بالغسيل فى الأمطار الغزيرة وفى الأراضى ذات القوام الخشن . كما أنها مناسبة للكائنات الدقيقة التى تحلل المادة العضوية . وأيون النترات يمتص بسرعة تاركا الشق القاعدى الذى يكون قلوية.

### نترات الصوديوم

تباع فى صورتين أحداهما المستخرجة من رواسب طبيعية بشيلى وهى تحتوى كميات بسيطة من العناصر الدقيقة مثل البورون . والصور الأخرى مصنعة من تفاعل حمض النتريك مع كلوريد الصوديوم أو كربونات الصوديوم وتحتوى ١٦% نتروجين ، وهى قلوية التفاعل .

### نترات البوتاسيوم

تحضر بتفاعل نترات الصوديوم مع كلوريد البوتاسيوم وتفاعل نترات البوتاسيوم ($KNO_3$) بالبلورة ثم الترشيح وكذلك يتم تصنيعها من تفاعل حامض النتريك مع كلوريد البوتاسيوم . وهى قلوية التفاعل .

### نترات الكالسيوم

تحضر بتفاعل حمض النتريك مع كربونات الكالسيوم . وتعتبر أحد النواتج الثانوية لصناعة الأسمدة الفوسفاتية .

**مركبات النيتروجين البطيئة الانطلاق**

لا يتغذى ما تمتصه المحاصيل ٦٠-٧٠% من نتروجين الأسمدة المضافة ويرجع ذلك إلى الفقد بالتطاير وتثبيت الامونيا بواسطة معادن الطين وتمثيلة فى أجسام الكائنات الدقيقة والغسيل مع ماء الصرف . ولذلك اتجه البحث نحو سماد نتروجينى يطلق ما به من النيتروجين ببطئ بتناسب مع سرعة وصول الجذر إليه وامتصاصها له خلال فترة النمو . ومن هذه يتوقف سرعة تحللها وتأزتها على حجم الحبيبات .

**كروتو نيليدين ثنائى اليوريا Crotonylidene Di Urea (CDU)**

يحتوى ٢٨% نيتروجين موجود منها ١٠% فى صورة نترات .

**ايزو بيوتيليدين ثنائى اليوريا Isobutylidene duurea (IBDU)**

تحتوى ٣١% نيتروجين وغير متميع وذوبانه يتوقف على حجم الحبيبات يزداد معدنته بزيادة الرقم الهيدروجينى للأرض (pH) ودرجة الحرارة والرطوبة فى الحدود التى تلائم نمو النبات .

**مركبات نيتروجينية متنوعة بطيئة الإنطلاق**

مثل لها Dicyandiamide, thiouurea

مثبطات التأزت :

أغلبها مبيدات نيماتودية مثل : خليط من

(dichloropropane, ethylene didromide methyl bromide)
( Calcium cyanamide, 2 chloro-6-trichloromethyl pyridin)

**حموضة وقاعدية الأسمدة النيتروجينية**

بعض الأسمدة لها تأثير حامضى أو قاعدى فى الأرض كما أن البعض ليس له تأثير على الرقم الهيدروجينى للأرض pH. حيث أثبتت نتائج التجارب

أن من بين العناصر الغذائية للنبات وجد أن النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وحوامل البوتاسيوم والفوسفور لها تأثير بسيط أو منعدم .

على كل من الرقم الهيدروجيني للأرض وفقد الكتاتيونات بالغسيل . وتوضح تفاعل التأزت فى الأرض تكوين الحامضية فى الأرض .

$$2NH^{+}_{4} + 3O_2 \longrightarrow 2NO^{-}_{2} + 2H\,O + 4H^{+}$$

وقد وضع Pierre سنه ١٩٣٣ اساس طريقة تقدير حموضة وقاعدية السماد كالآتى :-

١- الكبريت والكلور وثلث الفوسفور ونصف المحتوى من النيتروجين يقلل المحتوى من الجير Lime وبالتالى الرقم الهيدروجينى للأرض .

٢- الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم يزيد المحتوى من الجير .

وافترض أن نصف النتروجين المضاف يمتص فى صورة حمض نتريك والنصف الأخر فى صور ملح . وبالتالى لو أن مصدر للنيتروجين مثل نترات الصوديوم أو نترات الكاسيوم سوف يكون التأثير المتبقى له قاعدى نتيجة لطبيعة الكاتيون المصاحب .

ازالة الكاتيونات القاعدية من الأرض تسبب حموضة التربة، يزال ذلك عن طريق المحاصيل والغسيل وبالتالى النترات التى تحمل كاتيون قاعدى سوف تقلل احتمال تكوين الحموضة عن لو كان الكاتيون امونيوم كذلك مصدر الامونيوم الذى يحمل انيون حامضى مثل الكبريتات والذى لا يمتص بسرعة مثل امتصاص أيون النترات ، سوف يكون سماد حامضى أكثر من سماد مثل الامونيا أو اليوريا . وأثبتت التجارب ذلك .

وأثبتت التجارب أن الأنحراف فى الحموضة عن القيم النظرية ينتج من نوع المحصول المنزرع . حيث تتمشى الأنحراف مع عدد المكافئات من النيتروجين والزيادة من القواعد التى تمتص بواسطة النبات .

المنتجات اليوريا المغطاه بالكبريت ، مركبات اليوريا والفورمالدهيد ، فوسفات الأمونيوم المعدنية ، أكاسيد ، كرتونيلدين ثنائي اليوريا ، ايزوبيوتيلدين ثنائي اليوريا ، والثيوريا ، والسيناميد ، كما اتجه إلى التحكم فى عملية اليأزت بواسطة المثبطات .

**اليوريا المغطاه بالكبريت Sulfur Coated Urea (SCU)**

تنتج اليوريا المغطاه بالكبريت برش حبيبات اليوريا بالكبريت المصهور كما يضاف لها شمع وبعض المحسنات وكذلك بعض مثبطات النشاط المكروبى بحيث فى النهاية نجد أنها تحتوى من النتروجين ٧-١٢% كبريت ٢% و٢% محسنات وجزئ من ١% من المثبطات . ويعتبر هذا السماد من الأسمدة البطيئة الانطلاق الممتازة وبالاخص للمحاصيل ذات فترة النمو الطويلة والارز وحشيشة البرموده .

**مركبات اليوريا – فورمالدهيد**

تحضر تجاريا بتفاعل اليوريا مع الفورمالدهيد . حيث يمكن أن تتكون سلسلة من المركبات السريعة الذوبان إلى المنعدمة الذوبان تبعا لنسبة اليوريا إلى الفومالدهيد فى المكون النهائى . ولكى تصنف كسماد يجب أن تحتوى على٣٥% نتروجين . غالبا فى صورة غير ذائبة لكن بطيئة الأنطلاق ويجب أن يكون معامل النشاط Activity (Ai) للنتروجين الغير ذائب لا يقل عن ٤٠% نشاط بواسطة معامل نشاط النتروجين لمركبات اليوريا . فورمالدهيد الذى يعرف كالتالى :

$$AI = \frac{\%CWIN - \%HWIN}{\%CWIN} \times 100$$

حيث

CWIN % : % من النتروجين الغير ذائب التى يذوب فى ماء بارد (٢٥م) .

HWIN % : % من النيتروجين الغير ذائب التى تذوب فى ماء ساخن (٩٨-١٠٠م) .

**فوسفات الأمونيوم المعدنية Metal Ammonium Phosphates**

كثير من فوسفات الأمونيوم المعدنية معروفة لكن المنتج السمادى هو فوسفات المغنسيوم والأمونيوم تركيبها $Mg\ NH_4\ PH_4.\ H_2O$ وتحتوى حوالى ٨,٩٨% نيتروجين وهى قليلة الذوبان جداً فى الماء . فتنطلق الأمونيا منها ببطئ عند إضافتها إلى الأرض . وهو يلائم أرض الملاعب وأشجار الفاكهة ومحاصيل خاصة ويمكن إضافتها مباشرة إلى الأرض أو النبات دون ضرر.

**اكساميد**

هو مركب غير ذائب فى الماء يحتوى ٣١,٨% نيتروجين وتركيبه $NH_2\ COCONH_2$ ويتحلل تبعا للمعادلات .

$$NH_2\ COCONH_2 + H_2O \longrightarrow NH_2\ COCONH + NH_4OH$$

حامض الاكساميك

$$NH_2\ COCONH + H_2O \longrightarrow (COOH)_2 + NH_4OH$$

حامض الأوكساليك

وتعرف الزيادة من القواعد على أنها :

الكاتيونات الكليه $Ca^{++}, Mg^{++}, K^+, Na^+$

مطروح منها الأيونات الكلية $(CL^-, SO_4^{2-}, \&\ HPO_4)$

**استجابة المحاصيل للمصادر المختلفة من الأسمدة النيتروجينية**

يمتص النيتروجين بواسطة جذور النباتات أما على صورة نترات أو أمونيوم أو يوريا أو بعض الصور العضوية البسيطة من أحماض أمينية أو الببتيدات . عند مقارنة النترات والامونيوم كمصدرين منفردين لمد النبات

بالنيتروجين الذى يحتاج إليه يجب أن تضع فى الاعتبار العوامل الآتية :

١- أن النترات آنيون ولذلك فآليه متصاص النبات له تختلف عن آليه امتصاص كاتيون الأمونيوم .

٢- كلا من النترات والامونيوم أحادى التكافؤ لذلك فإن إمتصاصهما يكون اسرع من امتصاص الانيونات أو الكاتيونات ذات التكافؤ الأعلى مثل الكبريتات أو الكالسيوم والمغنسيوم .

٣- أن النترات مثلها مثل أيونات البوتاسيوم يمكن للنبات أن تجمعها فإمتصاصها لا يتوقف على خاصية الانتشار من وسط فيه تركيز عال إلى وسط أقل تركيزاً .

٤- أن المنافسة تكون بين الانيونات وبعضها وبين الكاتيونات وبعضها .

٥- عند امتصاص النبات للنترات تختزل داخل النبات إلى امونيوم ثم تتحول إلى احماض أمينية وأما الأمونيوم الممتص فيتحول مباشرة إلى الأحماض الأمينية .

٦- فى حالة وجود النترات فقط كمصدر للنتروجين يمتص النبات النترات أسرع من امتصاص أى أنيون أخر ويخرج أنيون البيكربونات بدلا من أنيون النترات الذى يمتص ويؤدى ذلك إلى أن إرتفاع الرقم الهيدروجينى للمحلول المحيط بجذر النبات .

٧- فى حالة كون الأمونيوم هو مصدر النيتروجين الوحيد فإن امتصاص الأمونيوم يكون بالتبادل مع أيون الهيدروجين ويتبع ذلك زيادة فى الكاتيونات الممتصة فينتج عن ذلك انخفاض الرقم الهيدروجينى للمحلول المحيط بالجذر .

٨- عدم الإفراط فى استخدام النيتروجين السمادى بحيث لا يتعدى ٥٠% من السماد المضاف ويوجد عوامل تؤثر على نسبة استخدام هذا النيتروجين وهى الأرض ، نوع النبات ، الظروف الجوية ، عمليات الخدمة .

٩- إضافة النيتروجين السمادى تزيد من مساهمة النيتروجين الأرضى فى تغذية النبات .

**وفى التسميد النيتروجينى يجب أن تؤخذ فى الأعتبار عدة نقاط وهى :**

١- الإستعمال المستمر للأسمدة الحامضية سوف يؤدى إلى نقص فى الـ pH.

٢- استعمال الأسمدة القاعدية قد يؤدى إلى الحفاظ على pH الأرض عند استعمالها فى الحدود الموصى بها بينما فى أراضى المناطق الرطبة تعمل قليلا على زيادة درجة التشبع بالقواعد وبالتالى pH الأرض . وعند استعمالها بكميات كبيرة ولمدة كبيرة قد تسبب هذه الأسمدة زيادة فى pH الأرض .

٣- تأزت كلا من الأمونيا والمواد العضوية الطبيعية يكون بطيئاً فى المناطق الدافئة جيدة التهوية . وأيضاً تحت ظروف الأرض الرطبة . وبالتالى يمكن تلافى الفقد الكبير عن طريق الغسيل .

٤- تتأثر صلاحية المصادر الكيماوية للنيتروجين بقواعد التبادل الأيونى . الصورة الأمنيومية تقاوم الفقد بالغسيل لادمصاصها على سطح غرويات الأرض . والنترات بها نفس هذه الدرجة لعدم ادمصاصها . هذا الاختلاف يصبح كبيراً فى الأراضى ذات القوام الدقيق وأقل فى الأرض ذات القوام الخشن . ولابد من الأخذ فى الأعتبار عامل الهجرة إلى أسفل عند إضافة الصور الصلبة للأسمدة النيتروجينية على السطح فى أراضى مختلفة

القوام. الاختلاف فى الفقد بالغسيل لكلا الصورتين يقل عندما تكون الظروف ملائمة لتأزت سريع .

٥- عندما تكون الظروف ملائمة للتأزت فإن التفاضل بين صور النيتروجين قد يعزى إلى الأيون المصاحب له وأيضاً بعض العناصر التى ممكن أن توجد فى صورة شوائب. هذا واضح جداً عند استعمال مادة مثل كبريتات الأمونيوم ، إذا أضيفت إلى أرض بها نقص فى عنصر الكبريت فسوف تعطى استجابة أكبر من المواد النيتروجينية الغير كبريتية إذا لم يضاف الكبريت ضمن أى من مكونات السماد .

٦- سناميد الكالسيوم لابد أن يضاف قبل الأنبات ولابد من خلطة جيداً بالأرض فقصور هذا السماد يرجع إلى طريقة الأضافة الغير ملائمة .

٧- فى بعض مصادر النيتروجين مثل الأمونيا اللامائية ، محاليل النيتروجين ، اليوريا وغيرها من مركبات الأمونيا قد تفقد الامونيا بالتطاير نتيجة لوضعها بطريقة غير صحيحة كإضافتها على سطح الأرض القلوية أو إضافة اليوريا على سطح الأرض عموما . كما أن إضافتها بجوار بذور النبات قد يؤدى إلى تسمم من الأمونيا . ويمكن تلافى ذلك بإضافة السماد فى المكان والميعاد المناسب .

٨- بعض المحاصيل قد يصيبها من استمرار التركيز الضار من الأمونيا الذى قد ينتج من تبخير الأرض بمواد مثبطة لعملية التأزت . ولذلك لابد أن يكون النيتروجين المضاف فى صورة نترات .

٩- تتلاشى الاختلافات بين صور الأسمدة النيتروجينية بالنسبة لزيادة المحصول عند مراعاه الاختلاف فى صفة تكوين الحموضة ، المحتوى من العناصر الدقيقة أو الثانوية ، ميعاد وطريقة الإضافة وعمقها وبالتالى يمكن

التفضيل بين الأسمدة النيتروجينية المختلفة تبعاً للعوامل الاقتصادية .

١٠- يستطيع النبات امتصاص النيتروجين فى صورة النترات أو الأمونيا ولا يوجد فارق هام فى هذه الناحية ، خصوصا تحت ظروف الحقل حيث تتحول الامونيوم إلى نترات عن طريق عملية التأزت ولا يوجد فارق بين الأسمدة الازوتية والامونيومية واليوريا فى الأراضى الطينية الغنية بالكالسيوم .

١١- يفضل السماد الامونيومى أو الذى ينتج أمونيوم مثل اليوريا . فى حالى الأرز للظروف الغدقة السائدة فى زراعته مما يؤدى إلى تحول النترات إلى نتريت أو إلى الفقد بالتطاير على صورة نيتروجين أو إلى الفقد مع ماء الصرف .

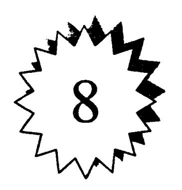
١٢- فى الأراضى الرملية تفقد النترات مع ماء الرى .

١٣- لا فرق بين التسميد بكلوريد الأمونيوم ، نترات الكالسيوم ، أو كبريتات الأمونيوم فى الأراضى الرملية .




# الفوسفور

- ❖ صور الفوسفور فى الأراضى.
- ❖ كيمياء الفوسفور فى التربة.
- ❖ الأسمدة الفوسفاتية.
- ❖ تفاعلات الأسمدة الفوسفاتية فى الأراضى.




# الفوسفور

**Phosphorus**

يطلق عليه مفتاح الحياة حيث أنه ضرورى لكل الكائنات الحية وكل الخلايا فحياة الحيوان والنبات لا تتم بدونه .

**أهمـــــيـتــه :**

**للنـــبــــات**

يشترك الفوسفور فى العمليات التالية :

١ــ تكسير الكربوهيدرات وإطلاق الطاقة .

٢ــ إنقسام الخلايا .

٣ــ نقل الصفات الوراثية من جيل إلى جيل .

٤ــ نمو الجذور .

٥ــ إنتاج الثمار والبذور .

٦ـ نقل الطاقة Energy transfer .

**للإنسان والحيوان**

يحتوى الإنسان البالغ على حوالى ١ كجم فوسفور مركزة فى العظم والأنسان بينما يحتوى الحيوان (الأبقار) على حوالى 4.5 كجم فوسفور ، الأبقار التى تدر اللبن تحتاج لكمية أكبر من الفوسفور وذلك لإحتواء اللبن على كميات كبيرة منه ولحسن الحظ فإن إحتياجات الإنسان والحيوان يمكن الحصول عليها من المراعى والغذاء الذى ينمو فى الأرض المحتوية على فوسفور وتسمد بالأسمدة الفوسفاتية .

## الفوسفور فى التربة

تختلف الأراضى فى محتوياتها من الفوسفور تبعا لعديد من العوامل أهمها المناخ ، مادة الأصل وتتراوح نسبة الفوسفور فى الأراضى بين 0.1 ، 0.5% محسوبة على أساس $P_2O_5$ وإحتياطى العالم من الفوسفور الذى يمكن إستخراجة من مناجم الفوسفور إقتصاديا يقدر بحوالى 54.9 مليون طن ومعظم هذا الإحتياطى يوجد فى أفريقيا (مصر ، المغرب) والولايات المتحدة الأمريكية والأتحاد السوفيتى ويعتبر الإحتياطى الموجود كاف لتغطية الإحتياجات السمادية لعدة مئات من السنين .

**صور الفوسفور فى الأراضى**

يمكن تقسيم الفوسفور فى الأرض إلى :

١) فوسفور المحلول الأرضى .

٢) مركبات الفوسفور غير العضوى Inorganic phosphorus .

٣) مركبات الفوسفور العضوى Organic phosphorus .

**أولا: فوسفور المحلول الأرضى**

هذه الصورة من الفوسفور تعتبر المصدر الحقيقى للفوسفور الممتص

بواسطة جذر النبات . فالنبات غالبا ما يمتص الفوسفور مباشرة من المحلول الأرضى على صورة أنيون الأورثوفوسفات الأحادى $H_2PO_4$ والثنائى $HPO_4$ وتركيز أنيون الفوسفات فى المحلول الأرضى هو ناتج الإتزان بين المحلول الأرضى والصور المعدنية للفوسفور . وتؤدى عملية التجزية إلى إنطلاق أنيونات الفوسفات من المركبات القليلة الذوبان لفوسفات الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والألومنيوم .

وتركيز الفوسفور فى المحلول الأرضى منخفضة جدا ويتراوح بين 0.01 إلى 0.06 جزء فى المليون ولكن النبات يستطيع أن يحصل على إحتياجاته من الفوسفور من هذا التركيز شريطة ثباته . ولكى يمتص النبات الفوسفور فإن أنيونات $HPO_4$ ، $H_2PO_4$ يجب أن تتحرك حتى تصل إلى سطح الجذر وهذه الحركة غالبا ما تتم عن طريق الأنتشار وقليل منها عن طريق الأعتراض الجذرى وجزء قليل أيضا يتم عن طريق التدفق الكتلى Mass Flow .

كمية الفوسفور التى يتم إمدادها لجذور نبات الذرة منزوعة فى أرض لومية بواسطة الإنتشار والتدفق الكلى والإعتراض الجذرى .

| الإمتصاص الكلى | الكمية الممتصة عن طريق | | |
|---|---|---|---|
| | الإنتشار | التدفق الكلى | الإعتراض الجذرى |
| | كجم / هكتـــــار | | |
| ٣٩ | ٣٦ | ٢ | ١ |

**ثانيا: الفوسفور غير العضوى (معدنى)**

تحتوى المعادن غير العضوية العديدة التى توجد فى الأرض على عنصر الفوسفور وتتميز معظم مركبات الفوسفور غير العضوية وتلك التى توجد فى الأرض أو فى مادة الأصل بأنها ذات درجة ذوبان منخفض فى الماء ويتفاعل الفوسفور بسهوله مع مكونات الأرض مثل الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والألومنيوم مكونا مركبات عديدة (جدول رقم 8-1) .

جدول رقم (8-1) بعض أشكال الفوسفور غير العضوى بالأرض .

| Compound | Formula |
|---|---|
| Dicalcium phosphate sihydrate | $CaHPO_4 . 2H_2O$ |
| Tricalcium orthophosphate | $Ca_3(PO_4)_2$ |
| Trimagnesium orthophosphate | $Mg_3(PO_4)_2 . 22H_2O$ |
| Octocalcium phosphate | $Ca_4H(PO_4)_3 . 3H_2O$ |
| Fluoroapatite | $Ca_{10}(PO_4)_6 F_2$ or $\{Ca_3(PO_4)_2\}_3 . CaF_2$ |
| Chloroapatite | $Ca_{10}(PO_4) Cl_2$ or $\{Ca_3(PO_4)_2\}_3 . CaCl_2$ |
| Hydroxyapatite | $Ca_{10}(PO_4)_6 (OH)_2$ or $\{Ca_3(PO_4)_2\}_3 . Ca(OH)_2$ |
| Ferric hydroxyphosphate | $Fe (H_2O)_3 (OH)_2H_2PO_4$ |
| Dufrenite | $Fe_2(OH)_3PO_4$ |
| Vivianite | $Fe_3 (PO_4)_2 . 8H_2O$ |
| Aluminum hydroxphosphate | $Al (H_2O)_3(OH)_2H_2PO_4$ |
| Wavellite | $Al_3 (OH)_3 (PO_4)_2 .5H_2O$ |
| Dihydrogen phosphate anion | $H_2PO^-_4$ |
| Monohydrogen phosphate anion | $HPO^{2-}_4$ |

ويعتبر الفلوروباتيت من المعادن الأولية غير الذائبة فى الماء ويوجد فى جميع الأراضى تحت أى ظروف تجوية . ومقاومة هذا المعدن لظروف التجوية يعد دليل على عدم ذوبانه . أما معادن الفوسفور المرتبط بالحديد والألومنيوم فهى قليلة الذوبان وتنتشر عادة فى الأراضى الحامضية .

**ثالثا: الفوسفور العضوى**

يوجد الفوسفور العضوى فى الأرض مرتبطا بالمادة العضوية وتمثل هذه الصورة العضوية جزءا من الفوسفور غير صالحة للأمتصاص بواسطة النبات إذ يجب ان تتحول أولا إلى الصورة المعدنية فى عملية يطلق عليها معدنة الفوسفور العضوى mineralization of organic phosphorus ويعتمد هذا التحول على قدرة الفطريات والبكتريا على تكسير المواد الكربوهيدراتية المحتوية على مركبات الفوسفور .

عموما توجد ثلاثة مركبات فوسفور عضوية فى النباتات توجد هى نفسها فى الأرض وتشمل :

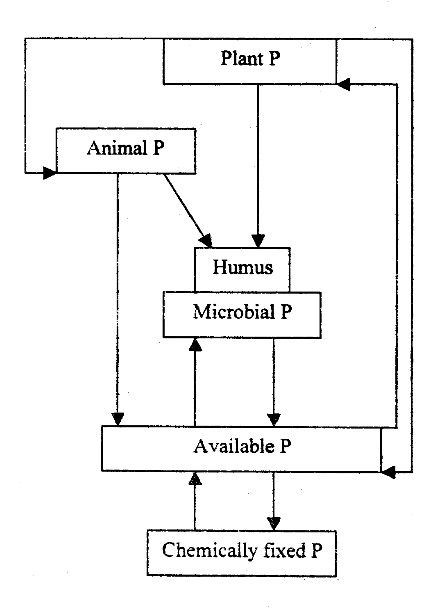
أ ) الفيتين ومشتقاته Phytin .

ب) الأحماض النووية Nucleic acide .

ج) الدهون الفوسفاتية Phospholipide .

**معدنة الفوسفور العضوى**

هى عملية تحول الفوسفور العضوى إلى غير عضوى وتعتمد أساسا على فعل الفطريات والأكينوميسات والبكتريا التى تقوم بتكسير المركبات الكربوهيدراتية المحتوية على فوسفور (شكل رقم 8-1) .




شكل رقم (8-1) : دورة الفوسفور بالأرض وتشمل نشاط النباتات والحيوان وميكروبات الأرض .

**العوامل التى تؤثر على معدنة الفوسفور العضوى**

١) معدنة الفوسفور العضوى تزيد بزيادة pH الأرض من الحامضية إلى القاعدية ويعزى ذلك إلى زيادة النشاط الميكروبى فى التفاعلات المتعدالة.

٢) تؤثر درجة الحرارة أيضا على معدنة الفوسفور العضوى حيث أنها تزيد بزيادة درجة الحرارة أعلى من 31 °م .

٣) يمثل حامض الفيتيك والفيتين (املاح الكالسيوم والمغنسيوم والألومنيوم لحامض الفيتيك Phytic) حوالى 25-90% من الفوسفور العضوى وتقل معدنة الفوسفور العضوى بزيادة نسب حامض الفيتيك والفيتين فى الأرض وعموما يزيد معدنة الفوسفور العضوى من الفيتين بزيادة درجة الـــ pH وذلك لزيادة النشاط الميكروبى وعلى الرغم من ذلك نجد أنه فى الأراضى الجيرية تقل معدنه الفيتين وذلك لوجود كميات كبيرة من الكالسيوم فى هذه الأراضى مما يؤدى إلى تحويل التفاعل ناحية الفيتين .

٤) نسبة الكربون إلى الفوسفور فى المادة العضوية تؤثر على معدنة الفوسفور فالنسبة الأقل من 1:200 تساعد على المعدنه .

٥) توفر رطوبة مناسبة فى الأرض لازمة للنشاط الميكروبى تساعد على مهدنة للفوسفور العضوى .

## كيمياء الفوسفور فى الأرض

إن كيمياء الفوسفور فى الأرض معقدة وتؤثر ليس فقط على مصير الأسمدة الفوسفاتية المضافة إلى الأرض ولكن أيضا على إمتصاص هذا العنصر بواسطة النبات .

لكى نفهم كيمياء الفوسفور يجب أولا أن تستعرض معادلات تأين حامض الأرثوفوسفوريك $H_3PO_4$ وهذه تشمل المعادلات الآتية :

$$H_3PO_4 \dashrightarrow H_2PO_4^- + H^+ \quad ...(1)$$
$$H_2PO_4^- \dashrightarrow H_2PO_4^{--} + H^+ \quad ...(2)$$
$$H_1PO_4^{--} \dashrightarrow PO_4^{---} + H^+ \quad ...(3)$$

ثابت التأين الأول $K_1 = 6 \times 10^{-2}$ وثابت التأين الثانى $K_2 = 3x10^{-7}$ وثابت التأين الثالث $K_3 = 1x10^{-13}$ وتكون قيم اللوغارتم السالب منها هى ( -Log K= pK ) :

$pK_1 = 2.12$ و $pK_2 = 7.2$ و $pK_3 = 12.33$

**حساب نشاط أيون الفوسفات لمركبات الفوسفور المختلفة**

يمكن إيجاد العلاقة بين نشاط أيون الفوسفات ورقم الـــ pH لأى مركب فوسفاتى وذلك عند حدوث إتزان بين هذا المركب أو نظام الأرض (الفوسفور) والماء .

ففى حالة الأراضى المتعادلة والتى يسود بها أيون الكالسيوم فإن مركب الفوسفات هنا يكون فوسفات الكالسيوم . إذا فرض أن تركيز الكالسيوم فى المحلول الأرضى لمثل هذه الأراضى يتراوح من 0.01 -0.001 مولر بمتوسط يساوى 0.005 مولد فهذا الرقم الأخير سوف نعتبره تركيز الكالسيوم فى المحلول الأرضى للنظام تحت الدراسة الأن ويكون نشاط أيون الكالسيوم 3-1.5 مولر ( pCa = 2.5) .

عند إضافة سماد السوبر فوسفات إلى الأرض فإنه يوجد فى نظام الأرض عندئذ فوسفات الكالسيوم ( $Ca\ HPO_4 . 2H_2O$ ) الذائب فى المحلول الأرضى ويتحدد ذوبانه برقم pH الأرض . ويمكن حساب نشاط أيون الفوسفات $H_2\ PO_4$ فى المحلول الأرضى عند أى قيمة من قيم pH المحلول الأرضى كالآتى :

$$H_2PO_4^- \longleftrightarrow HPO_4^{--} + H^+ \qquad (1)$$

$$K_2 = \frac{(HPO^{-}_4)(H^{+})}{(H_2PO^{-}_4)} \qquad (2)$$

باستخدام اللوغاريتم السالب نحصل على :

$$pHPO_4 + pH = pK_2 + pH_2PO_4 \qquad (3)$$

$$pHPO_4 = pK_2 + pH_2PO^{-}_4 - PH \qquad (4)$$

فى حالة مركب فوسفات الكالسيوم ثنائى التأدرت : Dicalcium phosphte Di ıhydrate (DCPD).

$$CaHPO_4 . 2H_2O$$

فإنه يتأين إلى :

$$CaHPO_4 \longleftrightarrow Ca^{++} + HPO^{--}_4 \qquad (5)$$

$$K_{DCPD} = \frac{(Ca^{++})(HPO^{--}_4)}{(CaHPO_4)} \qquad (6)$$

وبإعتبار أن هذا المركب يذوب بدرجة منخفضة فإنه يمكن أن نعتبر قيمة المقام تساوى الوحدة ثم بإستخدام اللوغاريتم السالب نحصل على :

$$pK_{DCPD} = pCa + pHPO_4 \qquad (7)$$

وبالتعويض عن قيمة $pHPO_4$ فى المعادلة رقم 4 إلى المعادلة رقم 7 نحصل على :

$$pK_{DCPD} = pCa + pK_2 + pH_2PO_4 - pH \qquad (8)$$

بضرب طرفى المعادلة رقم 8x (1-) نحصل على :

$$pH_2PO_4 = pH - pCa - pK_2 + pK_{DCPD} \qquad (9)$$

إذا كانت قيمة $pK_2 = 7.2$ و $pCa = 2.5$ و $pK_{DCPD} = 6.56$ وبالتعويض فى

المعادلة رقم 9 نحصل على :

$$pH_2PO_4 = pH - 3.14 \qquad (10)$$

وهذه المعادلة تعطى نشاط الفوسفات الذى فى حالة إتزان مع فوسفات ثنائى الكالسيوم ومنها يمكن حساب نشاط أيون الفوسفات $H_2PO_4$ فى الأراضى التى تحتوى على الكالسيوم (الأراضى المتعادلة pH = 7-8 ) والمسمدة بأسمدة فوسفاتية . ففى حالة أرض لها pH = 7.14 فإن قيمة $pH_2PO_4 = 4$ أى أن نشاط أيون الفوسفات $H_2PO_4$ يساوى $1x10^{4-}$ مولر .

**ملخص لحسابات نشاط الفوسفات فى نظم الفوسفات المختلفة**

حساب نشاط الفوسفات ($H_2PO_4$) فى مركبات الفوسفور المختلفة والتى فى حالة إتزان مع المحلول الأرضى يحتوى على 0.005 مولر كالسيوم ذائب وله رقم pH معروف :

١- فى حالة فوسفات ثنائى الكالسيوم ثنائى التأدرت :

$CaHPO_4 . 2H_2O$

(DCPD) Dicalcium Phodphate dihydrate.

$pH_2PO_4 = pH - 3.14$

٢- فى حالة فوسفات ثمانى الكالسيوم : Octa Calcium Phosphate

$Ca_8H_2 (PO_4)_6 . 5H_2O$

.

$pH_2PO_4 = {}^5/_3\, pH - 7.22$

٣- فى حاله هيدروكسى الأباتيت : Hydroxyapatite

$Ca_{10} (PO_4)_6 (OH)_2$

$pH_2PO_4 = {}^7/_3\ pH - 9.4$

٤- فى حالة فلورو أباتيت :Flouraptite

$Ca_{10}(PO_4)_6\ F_2$

$pH_2PO_4 = 2pH - 5.18$

**فى الأراضى الجيرية فإن رقم pH الأرضى يتوقف على درجة ذوبان كربونات الكالسيوم وكذا ضغط ثانى أكسيد الكربون ففى حالة الكالسيت $CaCO_3$ يتفاعل إلى :**

$$CaCO_3 + 2H + \qquad Ca^{+++}\ H_2O + CO_2\ gas$$

$$Kcc = \frac{(Ca^{++})\ (H_2O)\ (CO_2\ gas)}{(H^+)^2}$$

**يأخذ اللوغاريتم السالب والقسمة على 2 نحصل على :**

$$½\ pK_{cc} = pH - ½\ pCa + ½\ \log PCO_2$$

بضرب طرفى المعادلة (1-) نحصل على :

$$pH = ½\ pK^{cc} + ½\ pCa - ½\ \log PCO_2$$

**فإذا كانت قيمة $pK_{cc}$ لكربونات الكالسيوم = 9.86 فإنه يمكن حساب رقم pH النظام إذا فرضنا أن نشاط أيون الكالسيوم 0.005 مولر وضغط ثانى أكسيد الكربون = 0.0003 ض ج أو 0.01 ضغط جوى وبالتعويض في المعادلة عن** قيم pCa = 2.5 وقيمة pkcc = 4.93 فإن pH النظام عند 0.0003 ضن جوى يساوى 7.95 وعند ضغط 0.01 ض ج يساوى 7.18.

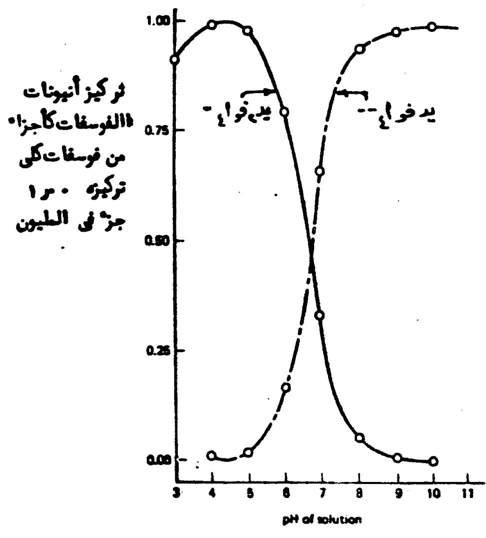
**تغير الصور الأنيونية للفوسفات مع تغير الـ pH**

تتحدد الصور الأنيونية للفوسفات برقم pH المحلول الذى توجد أيونات الفوسفات ويمكن تحديد هذه الصور بالمعادلات الآتية :

$$PO_4 + H_2O \underset{H^+}{\overset{OH}{\rightleftharpoons}} HPO_4 + H_2O \underset{H}{\overset{OH}{\rightleftharpoons}} H_2PO_4$$

محلول شديد القلوية          محلول شديد الحموضة

عند رقم pH قريب من التعادل فإنه توجد صورتين معا من الفوسفات فمثلا عند pH = 6 فإن كلا من الصورة الأنيونية يد$_2$ فوأ$_4$ والصورة الأنيونية يد فوأ$_4$ يمكن أن يوجدا فى الوسط ولكن بنسب مختلفة كما يتضح من الرسم التالى :




شكل (8-2): العلاقة بين pH المحلول وتركيز أيونات الفوسفات

## الأسمدة الفوسفاتية

### مصادر الفوسفور العضوى

تعتبر بقايا النباتات ومخلفات الحيوانات من مصادر الفوسفور العضوى التى تضاف للأرض – وتركيز الفوسفور فى هذه المواد يختلف من مادة لأخرى كما هو موضح بالجدول رقم (8-2) .

جدول رقم (8-2): محتوى الأسمدة العضوية من العناصر الغذائية الكبرى

| | **Percentage Nitrogen (N)** | **Percentage Phosphorus (P)** | **Percentage Potassium (K)** |
|---|---|---|---|
| | **Dry Weight Basis** | | |
| Bulky organic materials | | | |
| Alfalfa hay | 2.5 | 0.2 | 1.7 |
| Alfalfa straw | 1.5 | 0.1 | 1.3 |
| Bean straw | 1.2 | 0.1 | 1.0 |
| Cattle manure | 2.0 | 1.0 | 2.0 |
| Cotton bolls | 1.0 | 0.1 | 3.3 |
| Grain straw | 0.6 | 0.1 | 0.9 |
| Hog manure | 2.0 | 0.6 | 1.5 |
| Horse manure | 1.7 | 0.3 | 1.5 |
| Olive pomace | 1.2 | 0.4 | 0.4 |
| Peanut hulls | 1.5 | 0.1 | 0.7 |
| Peat and muck | 2.3 | 0.2 | 0.6 |
| Poultry manure | 4.3 | 1.6 | 1.6 |
| Sawdust and wood shavings | 0.2 | 0.0 | 0.2 |
| Seaweeds (kelp) | 0.6 | 0.0 | 1.1 |
| Sheep manure | 4.0 | 0.6 | 2.9 |
| Timothy hay | 1.0 | 0.1 | 1.3 |
| Winery pomace | 1.6 | 0.7 | 0.7 |

**SOURCE: Let's Take a Closer Look at Organic Gardenung. Ext. Bul. 555. The Ohio State university, 1973.**

ويعتبر السماد الحيوانى من الأسمدة شائعة الإستخدام للحصول على

الفوسفور العضوى ولكن تركيز الفوسفور فيه منخفض لا يتعدى 0.25% ولا بد للفوسفور فى هذه الحالة أن يحدث له معدنة قبل أن يستفيد منه النبات وعلى ذلك فالجزء الأكبر من هذا الفوسفور لا يكون متاح للنبات فى السنة الأولى من الإضافة .

**صخر الفوسفات Phosphate Rock**

وهو صخر رسوبى ، معدنى السائد فيه هو :

Francoilte (Calcium Carbonate – Fluoroapatite)

$Ca_{10} F_2 (PO_4)_6 . XcaCO_3$ ويحتوى على حوالى 20-35% $P_2O_5$ ويوجد ترسبات صخر الفوسفات فى شمال أفريقيا ، الإتحاد السوفيتى ، استراليا ، الهند وصحارى أسبانيا ويوجد فى مصر فى إسنا وعلى سواحل البحر الأحمر حول القصير وسفاجه والأستهلاك العالمى فى سنة 1980 وصل 96 مليون طن .

**أنواعـــــه**

يوجد أربعة أنواع من صخر الفوسفات :

١- صخر الفوسفات الصلب Hard rock phosphate .

٢- الفوسفات الناعم Soft phosphate .

٣- الفوسفات المحبب الأرضى Land pebble phosphate .

٤- الفوسفات المحبب النهرى River pebble phosphate .

ويعتبر صخر الفوسفات الصلب هو أفضل الأنواع .

**تصنيعـــــه**

يتم نقل صخر الفوسفات إلى مجرى مائى حيث يتم غسيلة وترسيب الشوائب (الطين والرمل) العالقة به ثم يطحن ويباع لمصانع الأسمدة الفوسفاتية ومخلفات عملية الغسيل تباع تحت أسماء تجارية مثل :

1) Colloidal Phosphate.
2) Mineral Colloids.
3) Calphos.
4) Phos-Cal-oids.

وتعرف هذه المخلفات بإسم مخلفات الفوسفات . وهى عادة تحتوى على 18-23% $P_2O_5$ ويوجد 1-2% فقط من هذه النسبة على صورة فوسفات صالح للنبات (يذوب فى أع خلات أمونيوم) ولأن هذه المخلفات دقيقة جدا وناعمة فالبعض يقترح أهميتها الكبيرة للنبات من ناحية الفوسفور .

استخدامـــاته

١) 90% تستخدم فى صناعة الأسمدة الفوسفاتية وحمض الفوسفوريك .

٢) 8% يضاف مباشرة إلى الأرض .

٣) 2% يستخدم فى علف الدواجن .

جدول رقم (3-8): "تحليل بعض عينات من صخر الفوسفات"

| | Hard-rock Phosphate (percent) | Land-pebble Phosphate (percent) | River-pebble Phosphate (percent) |
|---|---|---|---|
| Phosphoric acid ($P_2O_2$) | 35.53 | 43.43 | 28.47 |
| Tricalcium phosphate ($Ca_3(PO_4)_2$) | 77.50 | 74.85 | 61.77 |
| Phosphorus (P) | 15.50 | 14.02 | 10.85 |
| Lnsoluble ($SiO_2$) | 2.03 | 4.78 | - |
| Ferric oxide ($Fe_2O_3$) | 0.10 | 4.15 | 0.83 |
| Aluminum oxide ($Al_2O_3$) | 2.30 | - | 1.37 |
| Calcium oxide (CaO) | 51.45 | - | 45.69 |
| Cabon dioxide ($CO_2$) | 2.45 | - | 6.37 |

استجابة المحصول للتسميد بصخر الفوسفات

تم إجراء تجارب لإختبار إستجابة المحصول للتسميد بصخر الفوسفات مباشرة ومقارنته بسماد السوبر فوسفات فى الأراضى الحامضية فوجد الآتى :

١) عند إضافة صخر الفوسفات بمعدل يكافئ ضعف المضاف من سماد سوبر الفوسفات زاد المحصول بنسبة 54% ، 61% ، 70% وذلك بالنسبة لمحاصيل

القطن والبرسيم والبسلة وزاد بنسب 50 ، 58 ، 85% وذلك بالنسبة لمحاصيل الذرة والقطن والشوفان .

٢) فى دراسة بإستخدام الفوسفور المشع لتقدير صلاحية صخر الفوسفات وجد أن 717 كجم/هكتار من صخر الفوسفات يكافئ 157 كجم فو2 أ5 /هكتار من السوبر فوسفات أى أن 5 و4-5 و5 كجم فوسفور من صخر الفوسفات يجب إضافتهم مقابل إضافة 12 و1 كجم فوسفور من سماد السوبر فوسفات لنحصل على نفس المحصول .

٣) صخر الفوسفات وحده لا يعطى المحصول الأعظم عند إضافته بأعلى معدل ولهذ يتضح أهمية تصنيعه بغية الحصول على أعلى عائد ممكن والعمليات الأساسية التى تجعل الفوسفور فى صخر الفوسفات صالح للنبات هى المعاملة بالحرارة ، المعاملة بالأحماض وكلتا العمليتان تقومان بهدم بناء الأباتيت غير الذائب وينتج عنه فوسفور أكثر ذائبية وبالتالى أكثر صلاحية للنبات .

**سماد سوبر فوسفات العادى Ordinary Super Phosphate**

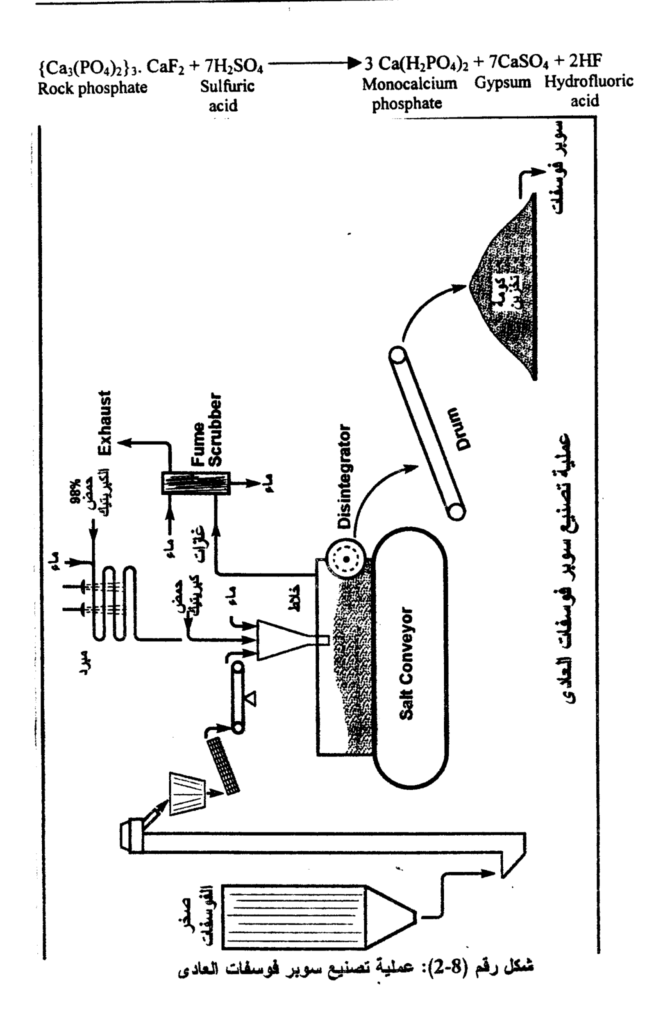
يستخدم تعبير سوبر فوسفات Super Phosphate للدلالة على شكل الفوسفور الصالح للنبات . والسوبر فوسفات العادى يطلق على السماد الفوسفاتى الذى يحتوى على 24% $P_2O_5$ .

**الوصـــف**

مسحوق أو على هيئة حبيبات ذات لون أبيض أو رمادى .

**طريقة الصناعة**

تتم صناعة سماد السوبر فوسفات العادى وذلك بخلط حامض الكبريتيك (60%) مع صخر الفوسفات المطحون خلال 0.14 مم .




شكل رقم (2-8): عملية تصنيع سوبر فوسفات العادى

**الخواص الكيميائية**

١) يتركب سماد سوبر فوسفات 5/2 فوسفات أحادى الكالسيوم ، 5/3 جبس بالوزن والرقم الهيدروجينى = 3 .

٢) والتحليل الكيميائى له كما يلى :

20% $P_2O_5$, (9% P). 19-22% Calcium
traces of Mg, Fe, Al, Cu, Mn, Zn and Cl

٣) 85% من محتواه الفوسفورى يكون ذائب فى الماء ولأن السوبر فوسفات العادى يحتوى على كمية قليلة من الفوسفور فإن أهميته التجارية قليلة .

**استجابة المحصول Crop response**

بالرغم من أن سماد سوبر فوسفات العادى يحتوى على نسبة قليلة من الفوسفور إلا أنه يعتبر مصدر ممتاز للفوسفات لأن معظم الفوسفور الموجود به يكون ذائب فى الماء كما أنه بالإضافة يحتوى على عنصرى الكالسيوم والكبريت ونتيجة لحدوث عملية تثبيت الفوسفور بواسطة الحديد والألومنيوم والكالسيوم ومعادن الطين فى الأرض فإن أقل من ¼ كمية الفوسفور المضاف يتم الحصول عليها بواسطة المحصول خلال الفصل الذى يلى إضافة السماد .

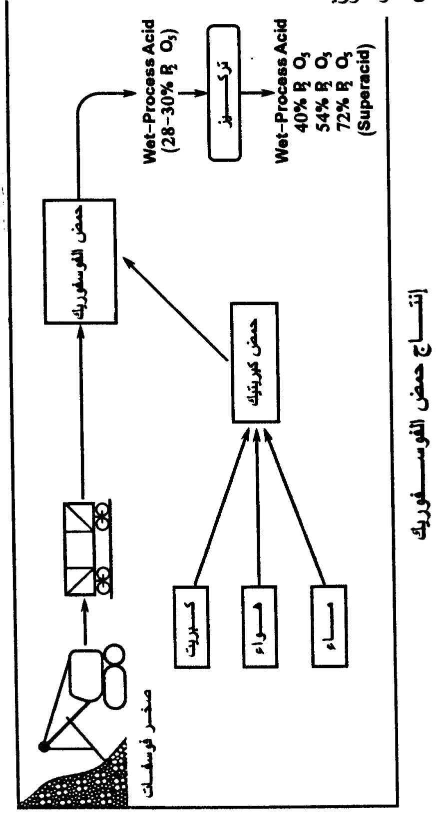
وعموما يوجد 3 أشكال للفوسفور تتم إضافتها للأرض عند استخدام سماد السوبر فوسفات العادى وهى :

$H_2PO_4^-$ , $HPO_4^{-2}$ & $PO_4^{-3}$ وكما سبق ذكره فإن حوالى 85% من محتوى هذا السماد يكون فى صورة $H_2PO_4^-$ الذائب فى الماء والباقى يكون $H_2PO_4^-$ , $PO_4^{-3}$ غير الذائبين فى الماء وصلاحية الفوسفور للنبات يرتبط إرتباطا وثيقا بكمية $H_2PO_4$ الذائبة فى الماء .

**حمض الفوسفوريك Phosphoric Acid**

**طريقة الصناعة**

يصنع حمض الفوسفوريك بنفس طريقة سماد سوبر فوسفات العادى والفرق الوحيد هو إستخدام كمية زائدة من حمض الكبريتيك وعند خلط زيادة من حمض الكبريتيك مع صخر الفوسفات المطحون فإن الناتج يكون عبارة عن سائل من حمض الفوسفوريك .




شكل رقم (8-3) إنتاج حمض الفوسفوريك

**التفاعل**

$Ca_{10}F_2(PO_4)_6 + 10H_2SO_4 + 20\,H_2O \rightarrow 10CaSO_4 \cdot 2H_2O + 2HF + 6H_3PO_4$

وتتم إزالة كبريتات الكالسيوم بالترشيح ويحتاج تصنيع حمض الفوسفوريك إلى حوالى 10-15% وزيادة من حمض الكبرتيك لإنتاجه بالمقارنة بالسوبر فوسفات العادى .

وحمض الفوسفوريك الناتج يحتوى على 12-13% طن فوسفور وعملية التصنع تحتاج حوالى 3 طن صخر فوسفات ، 3.5 طن حمض كبرتيك لإنتاج 0.9 طن حمض فوسفوريك ، 4.5 طن كبريتات كالسيوم ينتج كأحد نواتج التفاعل .

**الخواص الكيميائية واستخداماته**

حمض الفوسفوريك المنتج بهذه الطريقة يحتوى على حوالى 28-30% فو$_2$ أ$_5$ ويعتبر غير مناسب للأستخدام فى صناعة المنظفات ولكنه يستخدم فى تصنيع الأسمدة المخلوطة . كما أن كبريتات الكالسيوم الناتجة يمكن أن تستخدم كسماد يحتوى على كالسيوم وكبريت .

**حمض سوبر فوسفوريك**

وهو الحمض الذى يحتوى على نسبة فو$_2$ أ$_5$ تصل إلى 73% .

**طريقة الصناعة**

يتم تصنيعه من حمض الفوسفوريك وذلك بتركيزه .

$$2H_3PO_4 \xrightarrow{\Delta} H_4P_2O_7 + H_2O \uparrow$$

وجزء كبير من حمض سوبر فوسفوريك هو Pyrophoric Acid ويمكن الحصول على أنواع أخرى من الـ Polyphosphoric بالطريقة التالية :

$$H_3PO_4 + H_4P_2O_7 \xrightarrow{\Delta} H_5P_3O_8 + H_2O \uparrow$$

وتعرف مجموعة الـ Polyphosphoric بأنها سلسلة من الأحماض التى تحتوى على أكثر من ذرة فوسفور مثل Polyphosphoric Acid $H_4P_2O_7$ .

**إستخداماته**

١) يستخدم فى صناعة الأسمدة الفوسفاتية الأمونيومية .

٢) يستخدم فى إنتاج أسمدة سائلة تحتوى على نسب عالية من الفوسفور .

**استجابة المحصول Crop response**

إختبار الخصوبة فى الحقل والصوب الزجاجية توصلت إلى أن حمض السوبر فوسفوريك يعادل السوبر فوسفات المركز كمصدر فوسفورى لنمو النبات .

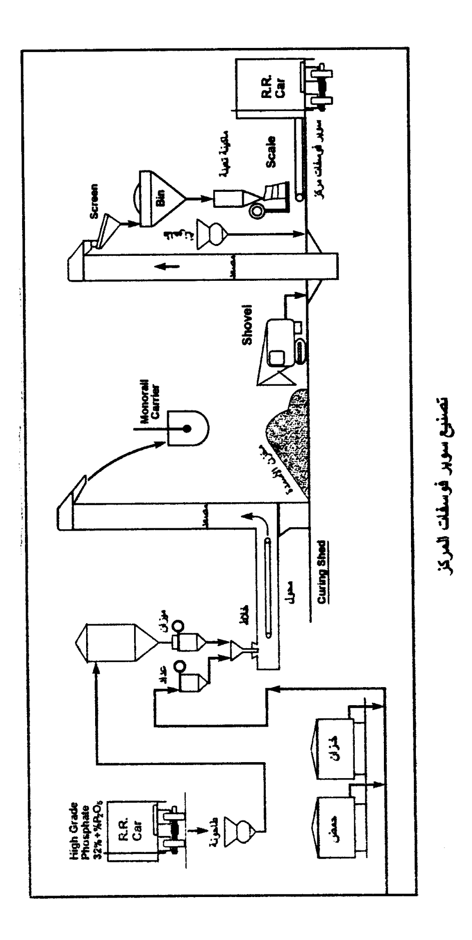
**السوبر فوسفات المركز Triple Superphosphate**

**الوصـــــف**

مادة بيضاء أو رمادية تكون على صورة مسحوق أو حبيبات ولها رائحة الحمض وكلمة Triple استخدمت لأن سماد سوبر فوسفات العادى عند بداية إنتاجة كان يحتوى 16% فوأ بينما المركز منه يحتوى على 48% فوأ أى ثلاثة أمثال السوبر العادى .

**طريقة الصناعة**

تتم بإضافة صخر الفوسفات وحمض الفوسفوريك فى أن واحد ثم خلطهم باستمرار .




شكل (8-4): تصنيع سوبر فوسفات المركز

**التفاعـــل**

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 14H_3PO_4 + 10H_2O \rightarrow 10CaH_4(PO_4).H_2O + 2HF$$

**الخواص الكيميائية واستخداماته**

١) يحتوى على %50-40 فو٢أ٥ وهو أساسا فوسفات أحادى الكالسيوم ، %16-13 ، %3-1 كبريت .

٢) يستخدم فى صناعة الأسمدة المخلوطة .

٣) %35 من الأسمدة الفوسفاتية المستخدمة هى عبارة عن سماد سوبر فوسفات مركز .

**استجابة المحصول Crop response**

يعتبر مصدر جيد للفوسفور وعادة يعطى زيادة فى المحصول قدرها %90 أكثر من السوبر فوسفات العادى .

**الأسمدة التى تحتوى على أكثر من عنصر غذائى (المركبة)**

**Mulyinutrient Fertilizers**

تبعا لنظام تقسيم تغذية النبات فإن العناصر الأساسية التى يتم إمدادها بواسطة الأسمدة هى النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وعلى ذلك فيعرف السماد المركب .

Mulyinutrient Fertilizers بأنه السماد الذى يحتوى على أكثر من عنصر أساسى وهم النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم .

وتستخدم المواد الخام الآتية فى صناعة الأسمدة المركبة :

١- صخر الفوسفات .
٢- حمض الكبرتيك .
٣- الأمونيا .
٤- كلوريد البوتاسيوم .

### احتياجات الأرض من الأسمدة

احتياجات المحاصيل غير البقولية النامية فى الأراضى الجافة تختلف عن تلك النامية فى أراضى المناطق الرطبة . فأراضى المناطق الرطبة عادة ما يكون بها نقص فى الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم بعكس أراضى المناطق الجافة التى تحتوى على كميات كافية لحاجة النبات من هذه العناصر وتبعا لذلك فإن المحاصيل المنزرعة فى أراضى المناطق الجافة غالبا ما تحتاج إلى أسمدة تحتوى على عنصرى النتروجين والفوسفور فقط لكى يغطى النبات احتياجاته .

### كفاءة الأسمدة الفوسفاتية

كفاءة الأسمدة الفوسفاتية أقل بكثير من كفاءة الأسمدة النتروجينية والبوتاسية وحوالى 50-90% من الأسمدة البوتاسية والنتروجينية المضافة يتم امتصاصها بواسطة النبات بينما حوالى 10-30% فقط من الأسمدة الفوسفورية يمكن امتصاصها بواسطة النبات . ولذلك فإنه من المهم دراسة العوامل التى تؤثر على صلاحية الفوسفور فى الأسمدة المركبة وأهمها ذائبية الفوسفور فى هذه السمدة .

### الفوسفور الصالح وذائبية مركبات الفوسفور

**Solubility of phosphorus Compounds**

تحتوى الأسمدة الفوسفاتية المركبة على خمسة مركبات هى :

١- فوسفات أحادى الكالسيوم Monocalcium Phosphate $Ca(H_2PO_4)_2$ .

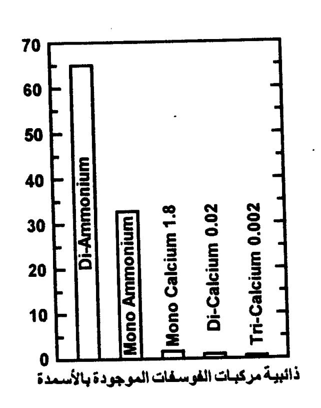
٢- فوسفات ثنائى الكالسيوم Dicalium Phosphate $Ca_2(H_2PO_4)_2$ .

٣- فوسفات ثلاثى الكالسيوم Tricalcium Phosphate $Ca_3(PO_4)_2$ .

٤- فوسفات أحادى الأمونيوم Monoammonium Phosphate $NH_4H_2PO_4$ .

٥- فوسفات ثنائى الأمونيوم Diammonium Phosphate $(NH_4)_2HPO_4$ .

وذائبية هذه المركبات فى الماء عند 15م موضحة بالشكل التالى :




**شكل رقم (8-5) ذائبية مركبات الفوسفات المجودة بالأسمدة**

من الشكل نجد أن المركب الأكثر ذائبية هو فوسفات ثنائى الأمونيوم حيث يذوب 65 جزء منه فى 100 جزء ماء ومركبات الفوسفور فى الأسمدة ثنائى الأمونيوم المركبة يمكن تقسيمها إلى ٣ أقسام على أساس ذائبيتهم .

١) مركبات ذائبة فى الماء .

٢) مركبات ذائبة فى سترات الأمونيوم .

٣) مركبات غير ذائبة فى الماء أو سترات الأمونيوم .

**أنواع الأسمدة التى تحتوى على نتروجين وفوسفور**

وعمليا كل المحاصيل التى تسمد بواسطة النتروجين والفوسفور تسمد غالبا بالأسمدة المركبة وهذه الأسمدة هى :

Ammonited superphosphate – Nitric phosphate – Ammonium phosphate

والجدول التالى يوضح أشكال الفوسفور فى الأسمدة السابق ذكرها وذائبيتهم .

**جدول (8-4): صور الفوسفور فى الأسمدة التجارية**

| % Percent of Total $P_2O_5$ | | $P_2O_5$ الكلى |
|---|---|---|
| **Grade** | **Water Soluble** | **Dicalcium phosphate** |
| الفوسفات النتراتى | | |
| 14-14-14 | 5 | 91 |
| سوبر فوسفات أمونيومى | | |
| 6-12-12 | 41 | 8 |
| 10-10-10 | 48 | 15 |
| 5-20-20 | 49 | 14 |
| 15-15-15 | 76 | 10 |
| 6-24-24 | 76 | 16 |
| كبريتات فوسفات أمونيومية | | |
| 16-20-0 | 88 | 0 |
| 14-14-14 | 93 | 0 |

## فوسفات الأمونيوم
## Ammonium Phosphate

**الوصف :** حبيبى أبيض أو رمادى اللون .

**طريقة التصنيع :**

يتم تصنيع حمض الفوسفوريك أولا وذلك باضافة زيادة من حمض الكبريتيك إلى صخر الفوسفات ويكون الناتج جبس gypsum ، حمض الفوسفوريك ثم بعد ذلك يضاف الأمونيا إلى حمض الفوسفوريك السائل ليكون فوسفات الأمونيوم الأحادى Monoammonium phosphate والذى يحتوى على 11% نتروجين 31% فوسفور (48 فو٢أ٥) $NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow NH_4H_2PO_4$

Monoammonium phosphate

وقد يضاف زيادة من الألومنيا ليكون فوسفات الألومنيوم الثنائى التى phosphate diammonium التى تحتوى على 16-18% نتروجين ، 30-31% فوسفور.

Diammonium phosphate $2NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow (NH_4)_2 HPO_4$

وقد تضاف الأمونيا إلى مخلوط من حمض الفوسفوريك أو الكبريتيك ليكون كبريتات الفوسفات الأمونيومى Ammonium phosphate sulfate الذى يحتوى على 13-16% نتروجين ، 9-15% فوسفور ، 7-14% كبريت .

$$4H_3PO_4 + xH_2SO_4 + (4 + 2_x)NH_3 \rightarrow 4NH_4H_2PO_4.\ x(NH_4)_2SO_4$$

**استجابة المحصول**

جميع عناصر هذا السماد تعتبر ذائبة فى الماء لأنها صنعت من سائل ، أملاح ذائبة فى الماء وهذا يعتبر ميزة يمكن استغلالها فى المحاصيل التى تنمو بسرعة مثل الخضروات وفى حالة القمح فيجب إضافة 50% زيادة من سماد فوسفات الألومنيوم أكثر من معدل إضافة سماد السوبر فوسفات العدى وذلك عندما يكون عمر النبات حوالى خمسة أسابيع ومن المهم جدا عند استخدام هذا السماد مراعاة كيفية استخدامه وخاصة المحاصيل التى تزرع فى خطوط بحيث نتلافى ضرر البذور كما أنه لا يجب إضافة هذا السماد مباشرة مع البذور .

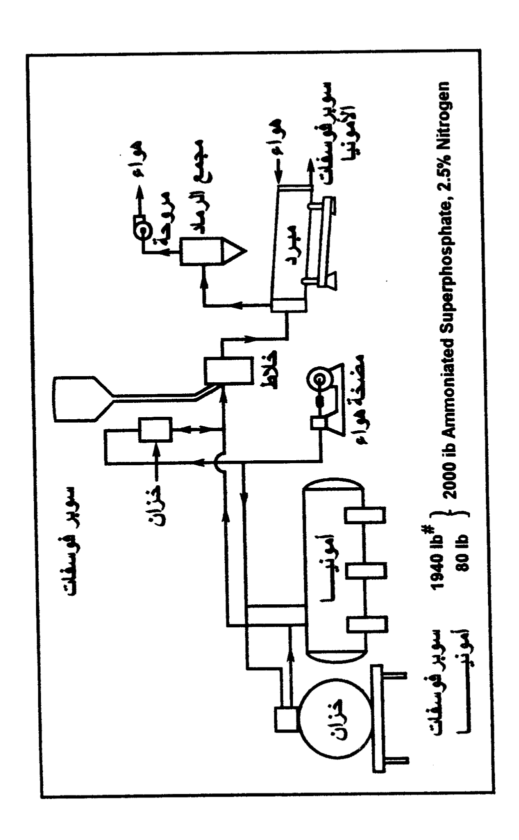
## سوبر فوسفات الأمونيوم
## Ammoniated Superphosphate

**طريقة التصنيع**

تتم بإضافة الأمونيا إلى سماد سوبر فوسفات العادى والنواتج هى عبارة عن أمونيوم .

فوسفات ثنائى الكالسيوم .

$$Ca(H_2PO_4)_2 + NH_3 \rightarrow NH_4H_2PO_4 + CaHPO_4$$




شكل رقم (8-6) : تصنيع سوبر فوسفات الأمومنيوم

**استجابة المحصول Crop response**

يعتبر هذا السماد من الأسمدة المكونة للحموضة ، الحامضية المكافئة له تساوى تقريبا 5 كجم كربونات كالسيوم لكل 1 كجم نتروجين يضاف وذلك لأن النتروجين الموجود فى صورة كبريتات وهذا السماد كان أحد الأسمدة الأساسية المستخدمة فى الولايات المتحدة الأمريكية وقد استخدم بنجاح فى جميع الأراضى ذات الخصوبة المنخفضة ولكل المحاصيل.

## Nitric Phosphate

**التصنيع**

تتم بواسطة معاملة صخر الفوسفات بحمض النيتريك ثم إضافة الأمونيا إلى المخلوط الناتج ويمكن التعبير عن التفاعل كما يلى :

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 14HNO_3 + 3H_2O \rightarrow 3Ca(H_2PO_4)_2.H_2O + 7Ca(NO_3)_2 + 2HF \uparrow$$

$$Ca(H_2PO_4) + Ca(NO_3)_2 + 2NH_3 \rightarrow 2CaHPO_4 + 2NH_4NO_3$$

**الخواص الكيميائية**

١) يحتوى هذا السماد على 13-17% نتروجين ، 10-15% فوسفور .

٢) 95% من الفوسفور الموجود فى Nitric Phosphate يذوب فى سترات الألومنيوم ، 5% يذوب فى الماء .

**استجابة المحصول**

استجابة المحصول للتسميد بهذا السماد تعادل الاستجابة الناتجة من التسميد بكلا من فوسفات الألومنيوم ، سوبر فوسفات الأمومنيومى اللذان يحتويان نفس نسبة الفوسفور والنتروجين .

## تفاعلات الأسمدة الفوسفاتية فى الأراضى
## REACTIONS of Phosphate fertilizers in Soils

### ادمصاص وتثبيت الفوسفات Phosphate Fixation and Retention

عند إضافة الأسمدة الفوسفاتية وذوبانها بواسطة الماء الأرضى فإنه يحدث تفاعل بين الفوسفات ومكونات الأرض ويكون الناتج هو إزاله الفوسفور من المحلول الأرضى وتحوله إلى صورة أقل ذوبان وبالتالى أقل صلاحية للنبات وهذه العملية يطلق عليها phosphate fixation or phosphate retention .

وبعض العلماء يستخدمون هذين التعبيرين بالتبادل ومن رأى (Tisdale & Nelson, 1975) أن phosphate retention .

يعنى الفوسفور المدمص والذى يمكن استخلاصة بأحماض مخفضة وهذا الجزء صالح للنبات نسبيا أما تعبير Fixed يعنى ذلك الجزء من الفوسفور غير المستخلص بالأحماض المخففة ويعتبر غير صالح للنبات

### ادمصاص الفوسفات Phosphate Retention

تحتوى الأراضى الحامضية عادة على تركيزات عالية من أيونات $Fe^{3+}$, $Mn^{+\lambda}$ , $Al^{3+}$ الذائبية والمتبادلة وعند إضافة الفوسفات يتم ادمصاصه على سطوح الغرويات مستخدما أيونات Fe , Al , Mn كقنطرة ويطلق على هذه الظاهرة Coadsorption والفوسفات المدمص بهذه الطريقة يكون صالح للنبات .

$$Al - H_2O^{1/2} + H_2PO_4 \rightleftharpoons Al - H_2PO_4^{-1/2} + H^2O$$

وتفاعلات الادمصاص يمكن أن تحدث أيضا مع الطين المشبع بالكالسيوم فلقد أظهرت الأبحاث أن الطين المشبع بالكالسيوم يدمص كمية كبيرة من الفوسفات حيث أن أيون الكالسيوم يكون رابطة بين الطين وأيونات الفوسفات .

$$Clay - Ca - H_2PO_4$$

ويمكن للفوسفات أن يدخل أيضا فى تفاعلات مع الأيونات الحرة فى المحلول الأرضى .

$$Al^{3+} + 3H_2PO_4 \dashrightarrow Al(H_2PO_4)_3$$

وناتج التفاعل يكون قليل الذوبان فى الماء ويترسب فى المحلول وبمرور الوقت فإن فوسفات الألومنيوم المترسب يصبح غير صالح للنبات .

**تثبيت الفوسفات**

تفاعل التثبيت يمكن حدوثه بين الفوسفات وأكاسيد الحديد والألومنيوم ومعادن السليكا . فكثير من الأراضى تحتوى على كميات عالية من معادن الطين المحتوية على هيدروكسيدات حديد وألومنيوم وهذه المعادن تتفاعل بسرعة مع الفوسفات مكونة سلسلة من المركبات الفوسفاتية صعبة الذوبان فى الماء .

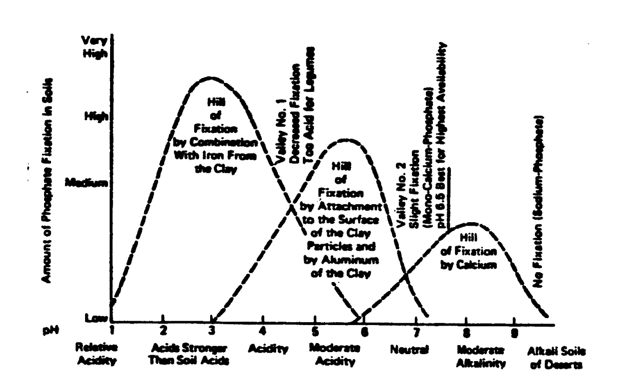
$$\begin{matrix} OH \\ Al - OH + H_2PO_4 \\ OH \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} OH \\ Al - H_2PO_4 \text{ (insoluble)} \\ OH \end{matrix}$$

وكمية الفوسفور المثبت بهذا التفاعل عادة ما تزيد عن الفوسفات المدمص والتفاعل السابق لا يقتصر فقط على معادن الطين المحتوية على هيدروكسيدات حديد والومنيوم ولكن المعادن المحتوية على أكاسيد منجنيز لها قدرة كبيرة أيضا على تثبيت الفوسفات . والناتج النهائى للتفاعل بين هيدروكسيدات الألومنيوم والفوسفات يطلق عليه : Variscite ($AlPO_4 . 2H_2O$)

والمتكون النهائى مع الحديد والفوسفات يطلق عليه ($FePO_4 . 2H_2O$) وتوجد سلسلة بين الـ Strengite variscite تكون عادة موجودة بالأرض ويطلق عليها Variste - Strengite isomorphous Series مفيدة جدا لتقليل تثبيت الفوسفات .

ولقد أجريت كثير من الأبحاث لمعرفة تفاعلات الفوسفات فى الأرض

والشكل التالى يبين العلاقة بين الأيونات الموجودة فى المحلول الأرضى والطين فى الأرض والفوسفور وعلاقته بالرقم الهيدروجينى للأرض .




شكل رقم (8-7) : العلاقة بين تثبيت الفوسفات والرقم الهيدروجينى للأرض

وأنه لمن الواضح أن صلاحية الفوسفور تكون أعلى ما يمكن عندما يكون الرقم الهيدروجينى للأرض 6.5 وذلك فهذا يعد أحد أسباب إضافة كربونات الكالسيوم للأراضى الحامضية .

ولما كان الفوسفات تتم تثبيته بسرعة فهو لا ينتقل أو يتحرك بسهولة وللتغلب على ذلك فيجب أن تضاف الأسمدة الفوسفاتية سنويا بدلا من إضافتها بكميات كبيرة دفعة واحدة كما يجب أيضا عدم خلط الأسمدة الفوسفاتية مع الأرض حتى لا يزيد من مواقع إتصال الفوسفور بمراكز التثبيت بالأرض ولذلك ينصح بإضافة الأسمدة الفوسفاتية فى خطوط على جانبى البذور .

**العوامل المؤثرة على ادمصاص وتثبيت الفوسفات بالأرض**

نظرا لأهمية تفاعلات الأدمصاص والتثبيت على كيفية إضافة السماد الفوسفاتي إلى الأرض فإن العوامل المؤثرة على هذه التفاعلات هي كما يلي :

**١) نوع معدني الطين**

معادن الطين 1:1 تثبيت الفوسفور بدرجة أكبر من معادن الطين 1:2 فالأرض التي تحتوي على معدن الكاؤوليت تثبت فوسفور أكثر من معادن الطين 1:2 .

**٢) نسبة الطين في الأرض**

الأراضي التي تحتوي على نسبة عالية من الطين سوف تثبت كمية من الفوسفور أعلى من الأراضي التي تحتوي على نسبة قليلة من الطين .

**٣) زمن التفاعل**

كلما زاد التلامس بين الفوسفور والأرض كلما زاد معدل تثبيت الفوسفور وهذا يختلف من أرض إلى أرض .

**٤) درجة الحرارة**

سرعة التفاعلات الكيميائية تزيد بزيادة درجة الحرارة وعليه فإن لها حرارة عالية تثبت فوسفور أكثر من الأراضي ذات درجات الحرارة المنخفضة.

**٥) رقم الـ pH**

في معظم الأراضي فإن الفوسفور الصالح يكون عند رقم pH تتراوح بين 5.5 –7 ويقل إذا قل الـ pH عن – 5.5 ويسدد ثلث الفوسفور عن طريق الادمصاص أو الترسيب على هيدروكسيدات الحديد والألومنيوم الموجودة بكثرة

فى الأراضى الحامضية أما إذا زاد رقم الـ pH عن 6 فإن أيونات الكالسيوم والمغنسيوم ووجود الكربونات يسبب ترسب الفوسفور وتقل صلاحيته بالنسبة للنبات .

**٦) المادة العضوية**

بتحلل المادة العضوية ينتج ك أ$_3$ الذى يستطيع بعد ذوبانة فى الماء مكونا حمض الكربونيك أن يذيب بعض مركبات الفوسفات الأرضية ومن جهة أخرى تؤدى زيادة المادة العضوية إلى تنشيط الكائنات الدقيقة وتكاثرها وتثبيت الفوسفور فى أجسامها .

## الأسمدة الفوسفاتية وصلاحية الفوسفور للنبات

سبق ذكر أن الأسمدة الفوسفاتية تتفاعل مع مكونات الأرض لتكون مركبات عديدة وهذه المركبات يطلق عليها نواتج تفاعل السماد بالأرض Soil-fertilizer reaction product وهى التى تحدد كمية الفوسفور الصالح لنمو النبات فمثلا نواتج إضافة سوبر فوسفات العادى تختلف عن نواتج إضافة سماد الفوسفات الأمونيومى

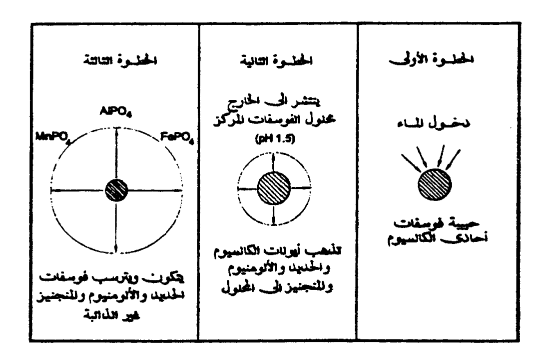
**فوسفات أحادى الكالسيوم Monocalcium phosphate**

١) عند إضافة سماد يحتوى على نسبة عالية من فوسفات أحادى الكالسيوم إلى الأرض فإن يتحرك بسرعة إلى كل حبيبة من حبيبات السماد والمحلول المتكون يكون مشبعا بكلا من فوسفات أحادى الكالسيوم وفوسفات ثنائى الكالسيوم وهذا المحلول المتكون يكون حمضى جدا (1.8 ) = pH .

٢) عندما يتحرك المحلول من حبيبة السماد إلى حبيبات الأرض يحدث تغير فى الظروف الكيميائية للأرض ينتج عنها ذوبان لبعض مكونات الأرض وهذه المكونات تشمل الكاتيونات المتبادلة والأكاسيد المتبادلة ، وكربونات

الأرض المادة العضوية .

٣) وكنتيجة للتركيز العالى للسماد ، والأيونات الموجودة به يصبح المحلول الأرضى فوق مشبع بالنسبة لفوسفور ويتفاعل مع مركبات الحديد والألومنيوم والمنجنيز فى الأراضى الحمضية وتترسب هذه المركبات بمرور الوقت أما فى الأراضى القاعدية فإن الفوسفات قد يترسب على صورة فوسفات ثنائى الكالسيوم على سطوح حبيبات كربونات الكالسيوم أو قد تتفاعل أيونات الفوسفات مباشرة مع أيونات الكالسيوم الموجودة فى المحلول الأرضى وتكون فوسفات ثنائى الكالسيوم وقد تتكون تحت بعض كميات صغيرة من الهيدروكسيد وكنتيجة لتفاعلات الترسيب والتلامس بين حبيبات الأرض فإن المحلول السمادى يصبح مخفف وبذلك يتحول التفاعل من تفاعل ترسيب إلى تفاعل ادمصاص وعند إضافة ماء الرى فإن الماء يتخلل المناطق إلى أضيف إليها السماد ويحدث أن بعض المركبات المتكونة تذوب وجزء من المركبات الذائبة يحدث لها ترسيب مرة أخحرى والمتبقية يمتص بواسطة النبات وبمرور الوقت تصبح الصورة المدمصة والمترسبة فى حالة ثبات وتوازن بحيث يمكن أن تعتبر كقوة إمدادية للفوسفور فى المحلول الأرضى .




شكل رقم (8-8) : تفاعل حبيبة السوبر فوسفات مع الأرض

**فوسفات ثنائى الكالسيوم Dicalcium phosphate**

عندما يضاف سماد يحتوى أساسا على فوسفات ثنائى الكالسيوم غير الذائب فى الماء فإن المحلول السمادى لا يتكون وعلى ذلك فالخطوات السابقة لا تتم وبالتالى فإن الفوسفور الصالح يقل بالنسبة للنبات .

**فوسفات الأمونيوم Ammoinum phosphate**

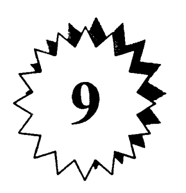
عند إضافة فوسفات الأمونيوم إلى الأرض فإن المحلول يتحرك خارج الحبيبة كما فى حالة فوسفات احادى الكالسيوم وعلى ذلك فلا يوجد بقايا من فوسفات ثنائى الكالسيوم لعدم وجود كالسيوم فى السماد ولكن سوف يتكون فوسفات ثنائى الكالسيوم خاصة فى الأرضى المحتوية على كمية كبيرة من الكالسيوم المتبادل ودرجة الـــ pH للمحلول المشبع لــ Diammonium .

Phosphate هى (9) ، Monoammonium phosphate هى (4) وهكذا الاختلاف فى الرقم الهيدروجينى للمحلول المشبع يؤثر على نوع ونواتج التفاعل .




# البوتاسيوم

- ❖ صور البوتاسيوم فى الأراضى.
- ❖ تثبيت وانطلاق البوتاسيوم.
- ❖ السعة التبادلية وصلاحية البوتاسيوم.
- ❖ الأسمدة البوتاسية.



# البوتاسيوم
# Potassium

**البوتاسيوم Potassium**

البوتاسيوم من أكثر العناصر شيوعا بالقشرة الأرضية وتتركز بعض المعادن الغنية فى البوتاسيوم فى بعض الأماكن فتعتبر مناجم تمد العالم بكميات كبيرة من أملاحه . والبوتاسيوم فى الطبيعة لا يتواجد أبدا فى صورة عنصرية (K) أو فى صورة أكاسيد بوتاسيوم ($K_2O$) وإنما يوجد متحدا مع عناصر أخرى . وأهم المعادن الأولية التى تعتبر مصادر أساسية للبوتاسيوم هى الأورثوكلاز والميكروكلين ($KAlSi_3O_8$) والمسكوفيت $KAl_2\ Si_3\ O_{10}\ (OH)_2$ والبيوتيت $K_2\ (Mg, Fe)_2\ Al_2\ O_{10}\ (OH_2)$ .

وتركيب المعادن البوتاسية المهمة تجاريا موجودة بجدول رقم (9-1) وهذه المعادن تعتبر مصدر حوالى 95% من الأسمدة البوتاسية المنتجة سنويا. والسليفيت (KCl) يعتبر المصدر الأساسى لهذه الأسمدة البوتاسيوم .

جدول (9-1) : معادن البوتاسيوم الهامة تجاريا

| | | Approx plant nutrient content (%) | |
|---|---|---|---|
| **Mineral** | **Composition** | **$K_2O$** | **K** |
| Sylvite | KCI | 63.2 | 52.5 |
| Sylvinite (sylvite + halite) | KCI . NaCI mixture | Variable | Variable |
| Carnallite | $KCI . MgCI . 6H_2O$ | 17.0 | 14.1 |
| Kainite | $KCI . MgSO_4 . 3 H_2O$ | 18.9 | 15.7 |
| Langbeinite | $K_2SO_4 . 2MgSO_4$ | 22.6 | 18.8 |
| Nitre | $KNO_3$ | 46.5 | 38.6 |
| Polyhalite | $K_2SO_4 . MgSO_4 . 2CaSO_4 2H_2O$ | 15.5 | 12.9 |

**Source:** K. C. Kapusta, " Potassium Fertilizer Technology. " In The Role of Potassium in Agriculture, American Society of Agronomy, Madison, Wis. (1968), PP. 23-52.

## صور البوتاسيوم فى الأراضى

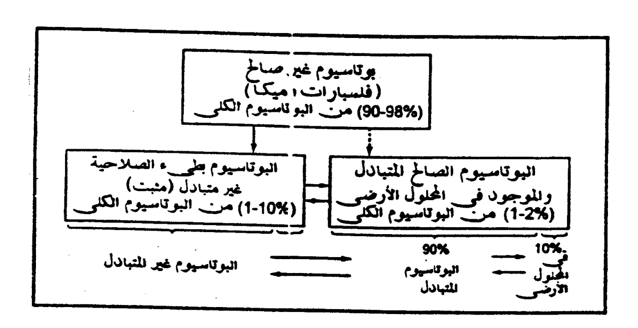
معظم الأراضى يوجد بها محتوى عال من البوتاسيوم الكلى ومع ذلك فإن كمية البوتاسيوم الصالحة لنمو النبات تعتبر صغيرة نسبيا . ويوجد إتزان بين صور البوتاسيوم المختلفة فى الأرض (شكل رقم ٨-١٤) وهذه الصور يمكن تقسيمها من ناحية صلاحيتها للنبات إلى ثلاث :

١ـ غير صالحة نسبيا Relatively unavailable .

٢ـ بطيئة الصلاحية Slowly avilable .

٣ـ صالحة Readily available .

حوالى %98-90 من البوتاسيوم الموجود فى الأرض يكون فى صورة غير صالحة نسبيا للنبات وعليه فإن الأشكال الأخرى تعتبر مهمة جدا من وجهة نظر تغذية النبات وإنتاج المحاصيل .




شكل (1-9) : صور البوتاسيوم فى الأرض .

**البوتاسيوم غير الصالح نسبيا Relatively Unavailable Potassium**

كما سبق ذكره فإن الجزء الأكبر من البوتاسيوم فى الأراضى يتواجد فى صورة غير صالحة نسبيا للنبات وهذه الصورة تتواجد أساسا فى المعادن الأولية مثل الفلسبارات والميكا . وسبب عدم صلاحية هذه الصور للنبات هو مقاومة المعادن السليكانية للتجوية وتكون النتيجة إنطلاق جزء صغير من البوتاسيوم فى موسم النمو الواحد ومع ذلك فإن هذه الصورة تعد غاية فى

الأهمية حيث أنها تشارك مشاركة فعالة فى الصور الصالحة للنبات على المدى الطويل فهذه الصور تتحول تدريجيا إلى صور أكثر صلاحية للنبات من خلال تأثير المذيبات مثل الماء ، حمض الكربونيك، الأحماض العضوية على المعادن المحتوية بوتاسيوم .

**البوتاسيوم بطيء الصالحية Slowly available potassium**

ويتكون البوتاسيوم بطيء الصلاحية من البوتاسيوم المثبت فى معادن الطين مثل الايليت ، الفبرميكيوليت والكلوريت وكما نعلم فإن البوتاسيوم يوجد بين طبقتى السليكا ($SiO_2$) والألومينا ($O_2\ Al_3$) فى هذه المعادن . والبوتاسيوم الممسوك بهذه الطريقة لا يكون سهل الأنطلاق وكنتيجة لذلك فهو بطيء الصلاحية للنباتات النامـــيــة. والبــوتاســيــوم الموجــود فى هذه الصـــورة لا يمكن إحــلاله بعــمــليات التبادل

الكاتيونى المعروفة ويطلق على هذه الصورة إســـــــم البوتاسيوم المثبت Fixed potassium أو الغير متبادل Nonexchangeable .

**البوتاسيوم الصالح Readily Available potassium**

والبوتاسيوم الصالح يكون نسبة ضئيلة من البوتاسيوم الكلى الموجود فى الأرض ويتكون من شكلين :

١- أيونات البوتاسيوم فى المحلول الأرضى .

٢- البوتاسيوم المتبادل والمدمص على سطوح غرويات الأرض والبوتاسيوم المتبادل يكون فى حـــــالة إتزان ديناميكــــــى مع بوتاسيوم المحلول الأرضى ولكن هذين الشكلين يمثلان جزءا صغيرا (1-2%) من البوتاسيوم الكلى .

وبإمتصاص النباتات للبوتاسيوم من المحلول الأرضى فإن الإتزان

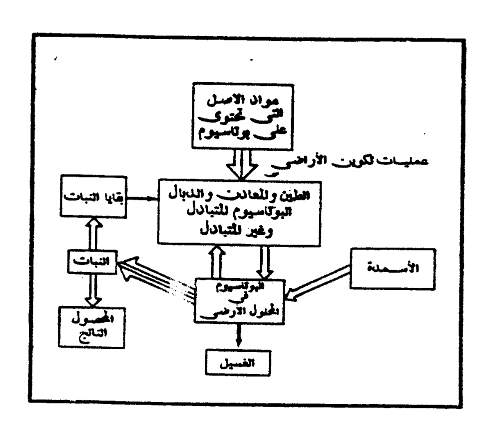
الديناميكى بين هذين الشكلين يتغير فتتحرك أيونات البوتاسيوم المتبادلة مباشرة من غرويات الأرض إلى المحلول الأرضى وعند إضافة الأسمدة البوتاسية الذائبة فى الماء إلى الأرض فإن التفاعل يصبح عكسى ويزداد إدمصاص البوتاسيوم على غرويات الأرض . ولأن البوتاسيوم يحدث له فقد من النظام الأرضى إما نتيجة لإمتصاص النبات أو الغسيل فإن تعبير الإتزان الديناميكى بين صور العناصر المختلفة يصبح هو الأقرب للحقيقة ، ويعتبر بوتاسيوم المحلول الأرضى والبوتاسيوم المتبادل هما المصدران الرئيسيان للبوتاسيوم الممتص بواسطة النباتات والممكن قياسهما فى الأرض لتقدير كمية البوتاسيوم الصالح للنبات فى أى أرض .

**تثبيت وإنطلاق البوتاسيوم Potassium Fixation and Release**

سبق ذكر أن كمية صغيرة من البوتاسيوم الكلى تكون صالحة للنبات وذلك بسبب التفاعلات الموجودة بالشكل رقم (9-1) والتى تحدث بإستمرار . وبإضافة الأسمدة البوتاسية إلى الأرض فإن البوتاسيوم يذهب أولا إلى المحلول الأرضى ثم يتحول جزء كبير منه إلى الصورة المتبادلة وجزء أخر يتحول إلى الصورة غير المتبادلة وعندما تمتص النباتات البوتاسيوم الصالح من الأرض فإن التفاعل يصبح عكسى ويذهب جزء من البوتاسيوم المتبادل إلى المحلول الأرضى وكنتيجة حتمية لذلك فإن عملية التثبيت والإنطلاق تحدث بإستمرار فى الأرض .

ودورة البوتاسيوم موضحة فى شكل (9-2) . فمن خلال عمليات التجويه فإن القوى الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية تؤثر على مادة الأصل وتقوم بتكسيرها إلى مكونات أدق مثل الرمل والسلت والطين . وكنتيجة لتفتيت مادة الأصل يحدث إنطلاق لبعض العناصر من بينها البوتاسيوم كما يحدث أيضا تكوين لمعادن الطين . والبوتاسيوم الموروث من مادة الأصل غالبا ما يكون فى صورة متبادلة وغير متبادلة . كما أن عمليات تثبيت وإنطلاق البوتاسيوم فى

الأرض تعتمد بدرجة كبيرة على كميات السلت والرمل والطين الموجودة وكذلك على أنواع معادن الطين .




شكل (9-2) دورة البوتاسيوم فى الأرض

وتثبيت وإنطلاق البوتاسيوم فى الأرض له علاقة وثيقة بحجم حبيبات الأرض فنجد أن المعادن الموجودة فى المكون الرملى والسلتى فى الأرض ــ أساسا فلسبارات ــ قد تحتوى نسبة من البوتاسيوم ولكن نتيجة لكبر هذه الحبيبات فإنها تتكسر ببطء ويصبح إنطلاق البوتاسيوم بطىء . أيضا نتيجة للطبيعة الفيزيائية والمعدنية لهذه الحبيبات فإن مقدرتها على تثبيت البوتاسيوم تكون ضعيفة جدا .

**أ ــ معادن الطين Clay Minerals**

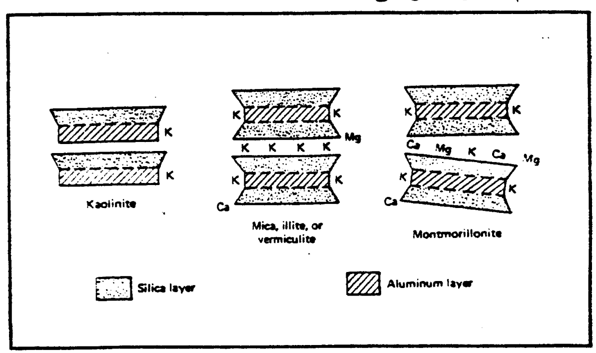
تعتبر معادن الطين فى الأرض نشطة نسبيا فى تثبيت وإنطلاق

البوتاسيوم وتختلف معادن الطين فيما بينها فى مقدرتها على تثبيت وإنطلاق البوتاسيوم . وللتوضيح يمكن تقسيم معادن الطين الموجودة فى الأرض إلى ثلاثة أنواع : كاؤولينيت ــ (إيليت والفيرميكيوليت) ــ مونتموريللونيت وكل نوع من هذه الأنواع له خاصية خاصة من حيث مقدرته على تثبيت وإنطلاق البوتاسيوم كما أن كل منهم يحتوى على كمية مختلفة من البوتاسيوم بين طبقات الطين .

**معادن الإيليت والفيرميكيوليت**

معدنى الإيليت والفيرميكيوليت يتميزان بقدرتهما العالية على إدمصاص البوتاسيوم من المحلول الأرضى وتثبيته ببين طبقات الطين وذلك نتيجة للتركيب البللورى لهما وأيضا لإرتفاع شحنة كل منهما (شكل 9-3) .

ويعتقد أن تثبيت البوتاسيوم فى كلا من الإيليت والفيرميكيوليت يتم بطريقة فيزيائية وذلك لثبات المسافة بين صفائح كلا منهما ، وأيضا نتيجة لعدم تمددهما . والبوتاسيوم المثبت فى هذين المعدنين لا يكون صالح للنبات ولكن يتم إنطلاقه ببطء إذا ما حدث وإنخفض تركيز كلا من البوتاسيوم المتبادل وبوتاسيوم المحلول الأرضى .




شكل (9-3): بناء معادن الكاؤولينيت والفيرميكيوليت والمونتموريللونيت معدن الكاؤولينيت

يكون نسبة البوتاسيوم المنطلق فى الأراضى التى تحتوى على نسبة عالية من الكاؤولينيت أقل منها من تلك التى تحتوى على نسبة عالية من معدنى الإيليت والفيرميكيوليت ويلاحظ فى الشكل السابق أن معدن الكاؤولينيت لا يقوم بتثبيت البوتاسيوم بين طبقاته .

**معدن المونتموريللونيت**

لا يثبت هذا المعدن البوتاسيوم نتيجة لإنخفاض شحنته وكذلك لأن مصدر الشحنة يكون فى طبقة الأوكتاهيدرا أى أن مصدرها بعيد عن السطح . ولما كان معدن المونتموريللونيت يتمدد بالإحلال فإن المساحة السطحية المعرضة للإدمصاص الأيونى تكون كبيرة وعلى ذلك فإن معظم البوتاسيوم الموجود على سطوح معادن الطين يكون فى صورة صالحة للنبات وعموما يمكن القول أن تثبيت البوتاسيوم فى معادن المونتموريللونيت لا تعتبر مشكلة وأنما يعد هذا المعدن مخزن للبوتاسيوم الصالح.

وتؤثر مادة الأصل الناتجة عنها الأرض على نوع معدن الطين الموجود فى الأرض وكذلك على مقدرة الأرض لإمداد النبات بالبوتاسيوم فمثلا نجد أن الأرض التى من أصل جيرى Calcareous sheles تحتوى على كميات عالية من البوتاسيوم المتبادل وهذه الأراضى عموما تحتوى على بعض معادن الإيليت والفيرميكيوليت فى الطين الموجود بها بينما الأراضى التى من أصل Sandstone تكون ضعيفة فى قدرتها الإمدادية بالبوتاسيوم وذلك راجع إلى قلة نسبة المكون الطينى وإرتفاع نسبة معدن الكاؤوليت فى هذا المكون .

**ب ـ السعة التبادلية الكاتيونية وصلاحية البوتاسيوم**

**Role of Cation Exchange Capacity (CEC) in Potassium Availability**

يمكن التفكير فى السعة التبادلية الكاتيونية على أنه مقدرة الأرض على الأحتفاظ بالعناصر المغذية فنجد أن :

١- غرويات الأرض ذات الشحنة السالبة تقوم بإجتذاب الكاتيونات .

٢- أيضا الهيومس Humus ذو الشحنة السالبة يدمص بعض الكاتيونات .

٣- معادن الطين تشارك فى السعة التبادلية الكاتيونية وتتوقف هذه المشاركة على نوع معدن الطين السائد فى الأرض .

٤- المكون السلتى فى الأرض يوجد به عدد محدود من مواقع التبادل الكاتيونى .

ويعبر عن السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) بأنها عدد المليمكافئات من الهيدروجين التى يمكن أن تدمص بواسطة ١٠٠ جم أرض (جافة) وهذه السعة تتراوح بين أقل من ٥ مليكافىء /١٠٠ جم فى الأراضى الرملية إلى أكثر من ١٠٠ مليكافىء/١٠٠ جم فى الأراضى التى بها نسبة عالية من الطين والمادة العضوية . وعموما يمكن القول أنه كلما زادت السعة التبادلية الكاتيونية للأراضى كلما حدث زيادة فى كمية البوتاسيوم المضافة للأراضى وذلك لإمداد النبات بالبوتاسيوم . ونجد أن أحد معامل إختبارات الأراضى فى أمريكا قامت بإعطاء توصيات أكبر للأراضى ذات السعة التبادلية العالية .(جدول رقم 9-2)

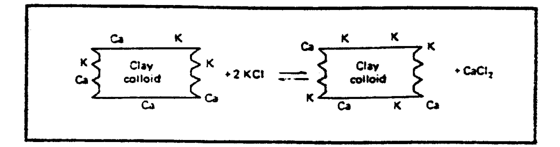
**جدول (9-2) : توصيات التسميد البوتاسيومى وتأثرها بالسعة التبادلية**

| Soil Test Value | CEC (meq /100 g soil) | | |
|---|---|---|---|
| (pp2m of K) | 10 | 20 | 30 |
| **$K_2O$ as pp2m (Ib/A)** | | | |
| 50 | 130 | 150 | 170 |
| 150 | 90 | 110 | 130 |
| 250 | 50 | 70 | 90 |

pp2m = Parts per two million = Ib/A
Kg/ha = pp2m × 1.121 .
**Source** : B. L. Schmidt *et al*., "Agronomy Guide," The Ohio State University.
Coop. Ext. Serv. Bul. 472, 1978-79.

وتختلف السعة التبادلية الكاتيونية لمعادن الطين فنجد أن معدن الكاؤوليت له أقـــــل CEC ــ (٥ –١٥ مليكافىء/١٠٠ جم أرض) ، الإيليت ١٠ – ٤٥ مليكافىء/١٠٠ جم أرض ، الفيرميكيوليت والمونتموريللونيت (٦٠–١٥٠ مليكافىء/١٠٠ جم أرض). بينما السعة التبادلية الكاتيونية للهيومس تكون حوالى ١٤٠ مليكافىء/١٠٠ جم أرض.

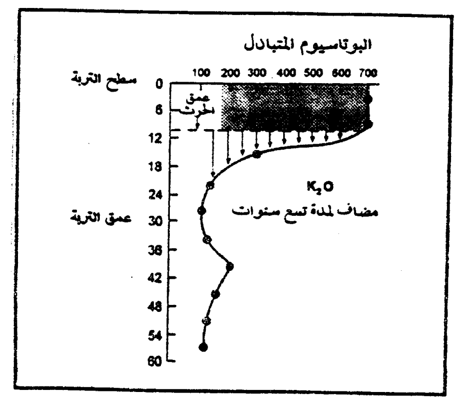
وتتواجد الكاتيونات عادة على سطوح وحواف معادن الطين والهيومس وذلك لكى يتم تعادل الشحنة السالبة الموجودة عليهم . وأهمية السعة التبادلية الكاتيونية فى الأراضى تكمن فى الحفاظ على مكونات الأسمدة مثل البوتاسيوم والأمونيوم والكاتيونات الأخرى من الفقد بالغسيل فالسعة التبادلية الكاتيونية ماهى الا وسيلة لتخزين البوتاسيوم والكاتيونات الأخرى لحين حاجة النبات اليها والتفاعل بين البوتاســيوم والكاتيونات الاخرى يطلق عليه إسم عملية التبادل الكاتيونى Exchange Cation (شكل رقم 9-4) .




شكل (9-4) : تفاعل التبادل الكاتيونى

**فقد البوتاسيوم بالغسيل Potassium Leaching Losses**

فقد البوتاسيوم خلال الأرض بواسطة الغسيل يعتبر عملية صعبة وذلك لأن أيون البوتاسيوم الموجب الشحنة يكون ممسوك بقوة على سطح حبيبات الطين سالبة الشحنة ولكن فى بعض الأراضى مثل الأراضى الرملية التى لاتحتوى على كمية كافية من الطين يمكن فقد البوتاسيوم بسهولة وكذلك فى حالة بعض الأراضى العضوية (Peats) ولذلك فهذه الأراضى غالبا ما تحتوى على كمية قليلة من البوتاسيوم الصالح للنبات وعموما فلقد أظهرت الدراسات أن كمية قليلة جدا من البوتاسيوم يمكن فقدها بالغسيل من الأراضى السلتية أو الطينية وفى دراسة أجريت فى تكساس بالولايات المتحدة الأمريكية على أراضى لومية رملية أظهرت النتائج أن كمية قليلة من البوتاسيوم يمكن أن تتحرك على عمق 46 سم بعد تسميد بوتاسى أستمر 9 سنوات وهذا يعنى إمكانية زيادة الإمداد بالبوتاسيوم الصالح وذلك بواسطة الأسمدة البوتاسية (شكل رقم 9-5) وكقاعدة عامة فإن زيادة الطين والمادة العضوية فى الأرض يعنى زيادة مقدرتها على الأحتفاظ بالبوتاسيوم كسماد .




شكل (9-5) :حركة البوتاسيوم فى الأرض بعد التسميد البوتاسيومى لمدة 9 سنوات

**الأسمدة البوتاسيه Potassium fertilizers**

مصادر الأسمدة البوتاسية المستخدمة فى الزراعة يمكن تلخيصها فى الجدول التالى :

| السماد | التركيب الكيميائى | | |
|---|---|---|---|
| | الرمز الكيميائى | أكاسيد | عناصر |
| كلوريد بوتاسيوم | KCl | 0-0-60 | 0-0-50 |
| كبريتات البوتاسيوم | $K_2SO_4$ | 0-0-50 | 0-0-42+18%S |
| كبريتات بوتاسيوم ومغنسيوم | $K_2SO_4 . 2MgSO_4$ | 0-0-22 | 0-0-18+22%S+11% Mg |
| نترات بوتاسيوم | $KNO_3$ | 13-0-44 | 13-0-37 |
| هيدروكسيد بوتاسيوم | KOH | 0-0-75 | 0-0-62 |

ويعتبر سماد كلوريد البوتاسيوم هو أكثر الأسمدة شيوعا فى العالم لرخصه وعادة ما يوصى بإستخدامه إلا فى حالات معينه . فمثلا نبات الدخان يجب تسميدة بكبريتات البوتاسيوم حيث أن الصفات الجيدة للدخان لا يمكن الحفاظ عليها بالتسميد بواسطة كلوريد البوتاسيوم .

**كلوريد البوتاسيوم Potassium chloride (Muriate of Potash)**

**طريقة الصناعة**

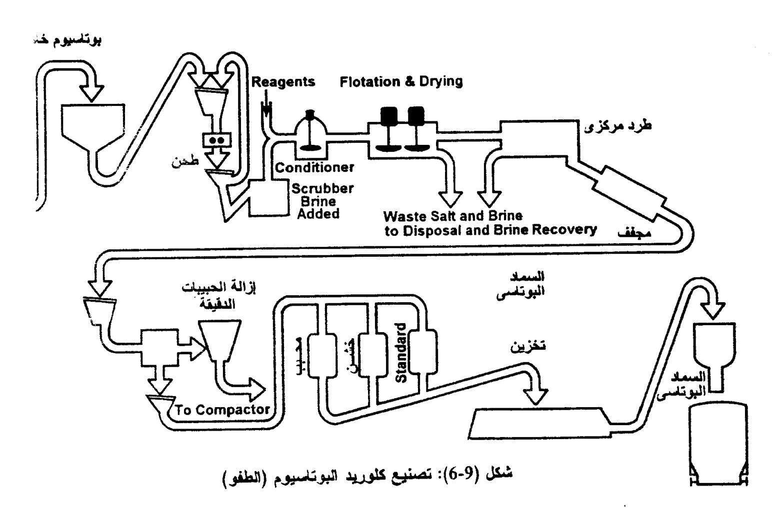
يتم تحضير سماد كلوريد البوتاسيوم (Muriate of Potash) من مادة البوتاسيوم الخام وذلك بتنقيتها عن طريق عمليتين أساسيتين هما :

١) الطفو Flotation .　　　　٢) البلورة Crystallization .

والهدف الأساسى من هاتين العمليتين هو فصل كلوريد الصوديوم عن كلوريد البوتاسيوم .

### عملية الطفو Flotation Process

وفى هذه العملية يتم إضافة مواد خاصة يطلق عليه مواد الطفو agents Flotation إلى مخلوط كلوريد البوتاسيوم وكلوريد الصوديوم وهذه المواد لها المقدرة على تغليف حبيبات كلوريد البوتاسيوم بغلاف رقيق ثم يتم الرج بطريقة ميكانيكية فيتم طفو كلوريد البوتاسيوم إلى السطح حيث يتم سحبه .




شكل (6-9): تصنيع كلوريد البوتاسيوم (الطفو)

### عمليه البلورة Crystallization Process

وتهدف هذه العملية أيضا إلى فصل كلوريد الصوديوم عن كلوريد البوتاسيوم وذلك بإستخدام إختلاف خاصية الذوبان لكلوريد البوتاسيوم فى الماء الساخن والبارد عن كلوريد الصوديوم فذائبية كلورد البوتاسيوم تزيد بسرعة كبيرة بإرتفاع درجة الحرارة بينما ذائبية كلوريد الصوديوم تتأثر قليلا وفى هذه

العملية يتم التسخين فى درجة حرارة 100م ثم يترك المحلول ليبرد ببطء فيترسب كلوريد البوتاسيوم بينما يظل كلوريد الصوديوم ذائبا .

**الخواص الكيميائية Chemical Characteristics**

وهذا السماد يحتوى على حوالى 51% بوتاسيوم ، 47% كلور وهذا السماد ذائب فى الماء ويحتوى على أثار من المغنسيوم والكالسيوم والصوديوم والحديد والبورون .

**إستجابة المحصول Crop Response**

يلقى سماد كلوريد البوتاسيوم رواجا شديدا فحوالى 78% من الأسمدة البوتاسية المستخدمة فى العالم تكون على صورة كلوريد البوتاسيوم . الأاضى الرملية والأراضى العضوية (Peat) عادة ما تعانى من نقص البوتاسيوم بينما أراضى المناطق الجافة تحتوى على كميات كافية منه فى صورة صالحة للنبات (448 كجم / هكتار) ويعتبر سماد كلوريد البوتاسيوم من أرخص الأسمدة البوتاسية الموجودة بالأسواق .

**كبريتات البوتاسيوم Potassium Sulfate**

**طريقة الصناعة**

يتم تصنيع سماد كبريتات بحوالى 4 طرق نذكر منها الطريقة الآتية وتسمى طريقة Mannheim وفى هذه الطريقة يتم تصنيع السماد بإضافة حمض الكبريتيك إلى كلوريد البوتاسيوم :

$$KCl + H2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + HCl$$

ثم يتم إضافة زيادة من كلوريد البوتاسيوم والتسخين :

$$KCl + KHSO_4 \rightarrow K_2SO_4 + HCl$$

### الخواص الكيميائية

يحتوى هذا السماد على حوالى 43% بوتاسيوم ، 16 كبريت وحوالى 2.5% كلوريد وأثار من الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم والبروم (جدول رقم 9-3)

### استجابة المحصول Crop Response

استجابة المحاصيل لهذا السماد تعادل الاستجابة لسماد كلوريد البوتاسيوم وإن كان خواص بعض المحاصيل مثل الدخان والبطاطس والذرة تتحسن بإضافة السماد البوتاسيومى على صورة كبريتات البوتاسيوم لأن هذه المحاصيل حساسة للتركيزات العالية من الكلوريد .

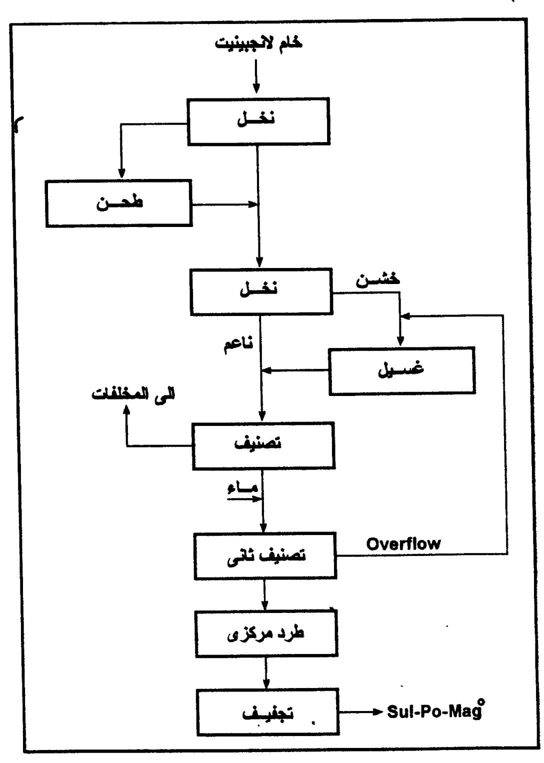
**جدول رقم(9-3): تحليل سماد كبريتات البوتاسيوم المصنع من كلوريد البوتاسيوم وحمض الكبريتيك .**

| المكونات | النسبة المئوية |
|---|---|
| أكسيد بوتاسيوم | (52.00) |
| بوتاسيوم | 43.17 |
| صوديوم | 0.94 |
| كالسيوم | 0.02 |
| مغنسيوم | 0.06 |
| كلور | 1.80 |
| كبريتات | 53.65 |
| بروم | 0.02 |
| مواد غذائية ذائبة فى الماء | 0.32 |
| رطوبة | 0.02 |
| المجموع | 100.00 |

**كبريتات البوتاسيوم والمغنسيوم Sulfate of Potassium-Magnesia**

**طريقة الصناعة**

وهذا السماد يتم تصنيعه من خام لانجبينيت $K_2SO_4$-2Mg $SO_4$ Langbenite وذلك عن طريق طحنه ثم الغسيل لإزالة أملاح الكلوريد (شكل رقم 9-7) .




شكل رقم (9-7): مراحل تصنيع سماد كبريتات البوتاسيوم من معدن لانجبينيت

**الخواص الكيميائية**

يحتوى هذا السماد على حوالى 18% بوتاسيوم ، 11% مغنسيوم ، 23% كبريت وغالبا ما يستخدم هذا السماد كمصدر للبوتاسيوم والمغنسيوم .

**نترات البوتاسيوم Poltassium Nitrate**

**طريقة الصناعة**

يتم تصنيع هذا السماد وذلك بإضافة حمض النيتريك إلى كلوريد البوتاسيوم :

$$4KCl + 4HNO_3 + O_2 \rightarrow 4KNO_3 + 2Cl_2 + 2H_2O$$

**الخواص الكيميائية**

هذا السماد يعتبر أقل ذائبية من كلوريد البوتاسيوم فى الماء البارد ولكنه أكثر ذائبية من كبريتات البوتاسيوم وفى درجة حرارة الغرفة يتساوى كلا من نترات البوتاسيوم ، كلوريد البوتاسيوم فى الذائبية ويحتوى سماد نترات البوتاسيوم على 13% بوتاسيوم وكمركب كيميائى فهو متعادل .

**استجابة المحصول Crop Response**

يستخدم هذا السماد بنجاح كمصدر للنتروجين والبوتاسيوم لكل من المحاصيل الآتية : الذرة – البطاطس – الطماطم والموالح ويوصى بلستخدامه فى نباتات الدخان .

**إضافة الأسمدة البوتاسية Application of Potassium Fertilizens**

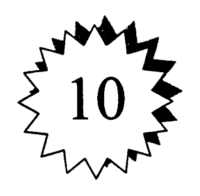
عموما يجب إضافة الأسمدة البوتاسية عند الحاجة إليها قبل الزراعة فى خطوط كما ينصح بعدم إضافة هذه الأسمدة مع البذور لتلافى الأضرار بها وإن كان يمكن إضافتها على بعد 5 سم من البذرة وفى المحاصيل ذات موسم النمو الطويل يستحسن إذافة السماد البوتاسى على فترتين .

وأيضا فى حالة الأراضى الرملية أو الأراضى ذات السعة التبادلية الكاتيونية المنخفضة ينصح بإضافة الأسمدة البوتاسية على فترات لتقليل الفقد بالغسيل .




## الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت

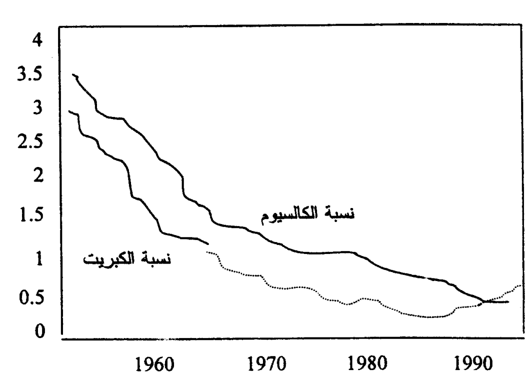
- ❖ الكالسيوم فى التربة والنبات.
- ❖ أسمدة الكالسيوم.
- ❖ المغنيسيوم فى التربة والنبات.
- ❖ أسمدة المغنيسيوم.
- ❖ الكبريت فى التربة والنبات.
- ❖ أسمدة الكبريت.



# الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت

تعتبر عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت من العناصر الغذائية الكبرى الضرورية والتي يحتاجها النبات بكميات وفيرة وهذه العناصر الثلاث توجد في التربة بكميات كافية لاحتياجات النبات ولذلك فيطلق عليها أحيانا بالعناصر الغذائية الثانوية والعناصر الثانوية عادة لا تعد عناصر تسميدية وذلك لوجودها كمكونات ثانوية في الأسمدة ومحسنات التربة المختلفة فالكالسيوم والمغنيسيوم على سبيل المثال يضافان للتربة الحمضية على صورة جير لرفع درجة حموضة التربة وأيضا الكبريت ومركباته يضاف إلى التربة لخفض درجة حموضة التربة . أيضا وجود الكالسيوم والكبريت في الأسمدة البوتاسية والفوسفاتية والبوتاسية قد تم الإشارة إليه سابقا ولذلك فإن إضافة محسنات التربة والأسمدة التى تحتوى ضمنا عناصر الكبريت والكالسيوم والمغنيسيوم أدى بدون شك إلى الحد من ظهور أعراض نقص هذه العناصر وبالتالى عدم إضافتها كأسمدة قائمة بذاتها ومن المتوقع أن تظهر أعراض نقص هذه العناصر مستقبلا وذلك لانخفاض نسب الكالسيوم والكبريت في الأسمدة الأخرى

حديثا كما هو موضح في الشكل (10-1) . فالاتجاه السائد الآن هو زيادة نسب النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم .




**شكل (10-1): متوسط نسب الكالسيوم والكبريت في كبريتات الأمونيوم وكبريتات البوتاسيوم والسوبر فوسفات العادي والمركز في الأسمدة المصنعة في الولايات المتحدة الأمريكية .**

وخفض تركيز العناصر الأخرى مثل الكالسيوم والكبريت والمغنيسيوم على الرغم من كونهم من العناصر الغذائية الضرورية . بالإضافة إلى ذلك فالجهود الرامية إلى خفض تصاعد ثاني أكسيد الكبريت للحد من تلوث الهواء تصب في هذا الاتجاه وتؤدى إلى نقص الإمداد بالكبريت مما قد يؤدى في المستقبل إلى استخدام أسمدة الكبريت .

## الكالسيوم

يتواجد الكالسيوم في الأراضي والنبات على صورة كاتيون ثنائي $Ca^{++}$ . تتواجد معادن الكالسيوم في التربة على صورة كالسيت $CaCO_3$ وجبس $(CaSO_4 . 2H_2O)$ وتكون قليلة الذوبان في الماء وهذه المعادن يتم غسيلها من قطاع التربة في الأراضي الحمضية ولكنها تكون موجودة في أراضى المناطق الجافة .

**الكالسيوم في التربة**

يتواجد الكالسيوم في الأراضي بكميات متفاوتة فالأراضي في المناطق الجافة قد تحتوى على حوالي 5% من الوزن كالسيوم بينما يمثل الكالسيوم حوالي 0.01% من وزن التربة في المناطق الرطبة الاستوائية . أما أراضى المناطق الرطبة المعتدلة فتحتوى على 1-2% من الوزن كالسيوم وهو ما يماثل تقريبا محتوى التربة من البوتاسيوم .

يمثل الكالسيوم حوالي 75-85% من القواعد الكلية المتبادلة حيث تحتوى معظم الأراضي على 200-10.000 كجم/هكتار من الكالسيوم المتبادل في طبقة الحرث ويكون الكالسيوم المتبادل في حالة اتزان مع الكالسيوم الذائب في المحلول الأرضي . على الرغم من أن كمية الكالسيوم المتبادل تعادل 1000 مرة قدر الكالسيوم الذائب ويرجع زيادة تركيز الكالسيوم على مواقع التبادل إلى صغر الحجم المتادرت لأيون الكالسيوم مقارنة بالكاتيونات الأخرى الثنائية وبالتالي فإن تركيز الشحن يؤدى إلى أفضلية إدمصاص الكالسيوم على مواقع التبادل . وأفضلية الإدمصاص الكالسيوم تكون عالية على بعض معادن الطين ذات السعة التبادلية الكاتيونية العالية مثل المونتموريللونيت وقليلة في المعادن منخفضة السعة التبادلية الكاتيونية مثل الكاؤولينيت وإدمصاص الكالسيوم يكون

عالي في الدبال وذلك لارتفاع سعته التبادلية الكاتيونية وأيضا لأن بعض أيونات الكالسيوم يتم خلبها بواسطة المركبات العضوية الموجودة في الدبال .

صلاحية الكالسيوم للامتصاص بواسطة النبات تقل بانخفاض درجة pH التربة وتزيد بارتفاع درجة pH التربة ووجود زيادة من الكالسيوم تؤدى إلى ترسيب الكالسيوم على صورة كربونات الكالسيوم الذي يعمل على تنظيم درجة الحموضة إلى قيمة قريبة من 8. تؤدى زيادة الكالسيوم إلى ضعف ذائبية الفوسفور والحديد والمنجنيز والبورون والزنك وأحيانا يسبب نقص عنصر أو أكثر من العناصر الضرورية للنبات .

تتحرك أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم إلى جذور النبات بدرجة أبطأ من ماء التربة ولذلك فإن التدفق الكتلي يكون هو ميكانيكية الانتقال السائدة لهذه العناصر بينما في حالة البوتاسيوم نجد أن أيونات البوتاسيوم تتحرك بدرجة أسرع من ماء التربة وبالتالي تكون ميكانيكية الانتقال السائدة للبوتاسيوم هي ميكانيكية الانتشار .

**الكالسيوم في النبات**

الكالسيوم هو وحدة بناء جدار الخلية ولذلك فهو حيوي لتكوين خلايا جديدة ولذلك فإن النباتات التي تعانى من نقص الكالسيوم تكون متقزمة وينتج النبات عدد خلايا أقل ذات حجم صغير كما أن سيقان النباتات تكون ضعيفة لأن جدران الخلايا تكون اقل سمكا من الجدران الطبيعية . ولقد وجد أن إحلال البوتاسيوم محل الكالسيوم في المحلول المغذى لنبات الطماطم (عمر 25 يوما) أدى إلى انخفاض معدل نمو النباتات بعد حوالي أربع أيام وتوقف النمو تماما بعد عشرة أيام .

نقص الكالسيوم يؤدى إلى انخفاض معدل نمو جميع أجزاء النبات وذلك لعدم مقدرة جذور النبات التي تعانى من نقص الكالسيوم – على الاستطالة

السريعة مما يؤدى إلى عجز الجذور عن اكتشاف والوصول إلى مناطق جديدة ليحصل منها على الماء والغذاء ولقد وجد أن زيادة الإمداد بالكالسيوم يعمل على تنشيط امتصاص الفوسفور بواسطة جذور النبات .

الإمداد بالكالسيوم في الأراضي الحمضية يكون اقل كثيرا منها في الأراضي القاعدية ولذلك فإن أحد أسباب سمية الألومونيوم في الأراضي الحمضية يرجع إلى نقص الكالسيوم .

والكالسيوم عادة ما يتواجد بتركيزات كبيرة في أوراق النبات فنقص الكالسيوم يمنع تكون أوراق جديدة كما أنه يمنع نمو الأوراق الصغيرة مما ينشأ عن ذلك أوراق مجعدة . وتختلف الكمية الممتصة من الكالسيوم من نبات إلى أخر ويوضح جدول (10-1) أن البقوليات تستخدم كميات كالسيوم ومغنيسيوم بدرجة اكبر من نباتات الحشائش ولذلك فإن البقوليات تستجيب بدرجة كبيرة إلى إضافة الجير للأراضي الحمضية .

جدول (10-1): متوسط محتوى البقوليات وغير البقوليات من الكالسيوم والمغنسيوم (وزن جاف) .

| المحصول | الكالسيوم (g/1000g) | ماغنسيوم (g/1000g) | نسبة Ca : Mg |
|---|---|---|---|
| البقوليات | | | |
| البرسيم الحجازى | 13.91 | 3.55 | 3.8 : 1 |
| البرسيم الأحمر | 11.42 | 2.70 | 4.2 : 1 |
| فول الصويا | 11.29 | 3.88 | 3.2 : 1 |
| غير البقوليات | | | |
| ذرة | 2.24 | 0.86 | 2.6 : 1 |
| شوفان | 1.65 | 0.98 | 1.7 : 1 |
| قمح | 1.45 | 0.87 | 1.7 : 1 |

## أسمدة الكالسيوم

أسمدة الكالسيوم هى مواد كيميائية تحتوى على العنصر المغذى كالسيوم في صورة كاتيونية وتعمل أسمدة الكالسيوم على تحسين تغذية النبات بالكالسيوم ومع ذلك فإن أسمدة الكالسيوم ليست ذات أهمية كبيرة لأن أغلب الأراضى لا تعانى أى نقص من الكالسيوم وعادة تستخدم الرموز التالية :

Ca : رمز كيميائى لعنصر الكالسيوم

$Ca^{2+}$ : أيونات الكالسيوم ثنائى التكافؤ ويتواجد في النبات والتربة والسماد .

Ca O : أكسيد الكالسيوم وهو الأساسى المرجعى لإضافات الجير والكالسيوم .

### مصدر الإنتاج

المادة الخام للأسمدة الكالسية هى الجير وتتواجد بوفرة في الطبيعة والأحتياطى العالمى للكالسيوم كبير جدا وذلك لوجود جبال عديدة تحتوى على كربونات كالسيوم .

### أسمدة الكالسيوم وخواصها

تستخدم أسمدة الكالسيوم القابلة للذوبان في الماء لإمداد النبات بالكالسيوم وتشمل :

- **كلوريد الكالسيوم (الصلب) :**

$CaCl_2 . 6H_2O$ ويحتوى على 18% كالسيوم وهو عالى الذوبان في الماء ويمكن بسهوله استخدامه كسماد ورقى .

- **كلوريد كالسيوم (محلول) :**

ويحتوى على 10% كالسيوم ويستخدم كسماد ورقى لرش الفواكه حيث أنه يحسن صفاتها التخزينية .

- **نترات كالسيوم :**

سماد قابل للذوبان في الماء ويحتوى على 20% كالسيوم ولكنه يصنف كسماد نتروجينى .

- **كبريتات كالسيوم :**

ويستخدم كجبس ($CaSO_4 . 2H_2O$) ويحتوى على 23% كالسيوم ويعتبر قليل الذوبان في الماء وفائدته تتركز في تحسين بناء التربة .

**إستخدام أسمدة الكالسيوم**

نقص الكالسيوم في النبات نادر حدوثه في معظم الأراضى ما عدا الأراضى عالية الحموضة . وعادة ما يؤدى نقص الكالسيوم إلى ظهور ما يعرف بمرض البقع البنية في التفاح النامى في هذه الأراضى ولذلك فالحل العملى هو إمداد النبات بحاجتة من الكالسيوم باستخدام كلوريد الكالسيوم كسماد ورقى واستبعاد نترات الكالسيوم وذلك لاعتبارات الجودة في الفاكهة ويراعى أن لا يزيد تركيز المحلول الورقى عن 1-2% لتفادى تلف الأوراق .

## المغنيسيوم

يتشابه أيون المغنيسيوم مع أيون الكالسيوم كيميائيا وبالرغم من ذلك فسلوك كل منهما يختلف عن الأخر في النبات والتربة . فأيون المغنيسيوم $Mg^{+2}$ غير المتأدرت صغير ويلائم فراغ الأوكتاهيدرا في المعادن بينما يحتاج أيون الكالسيوم إلى فراغ أكبر . وفى الصخور النارية نجد أن المغنيسيوم يكون دائما مصاحب للحديد في المعادن مثل الأوليفين ، والبيوتيت وينتهى إرتباط المغنيسيوم مع الحديد عندما يتأكسد الحديد من ($Fe^{++}$) إلى مركبات الحديديك غير الذائبة ($Fe^{+++}$ ) ويحدث غسيل للمغنيسيوم . أيضا يتواجد المغنيسيوم في الصخور الرسوبية كأحد مكونات معدن الدولوميت ( $CaCO_3 . Mg CO_3$) .

### المغنيسيوم في التربة

تحتوى الأراضى ناعمة القوام على المغنيسيوم أكثر من الأراضى خشنة القوام فنجد أن محتوى الأراضى الطينية حوالى 0.5% مغنيسيوم بينما التربة الرملية تحتوى على 0.05% مغنيسيوم وعادة تعمل التجوية الشديدة والأنجراف على خفض محتوى سطح التربة من المغنيسيوم .

يعتبر المغنيسيوم المتبادل هو أهم مصادر المغنيسيوم الصالح للإمتصاص بواسطة النبات في التربة ويمثل حوالى من 12-18% من السعة التبادلية الكاتيونية أما نسبة أيونات المغنيسيوم في المحلول الأرضى فهى أقل كثيرا من الأيونات المتبادلة وذلك نظرا لأفضلية إدمصاص المغنيسيوم على حبيبات الطين ولذلك فإن التسميد البوتاسى في الأراضى التى تحتوى على نسبة قليلة من المغنيسيوم يؤدى إلى ظهور أعراض نقص المغنيسيوم على النبات والحيوان وذلك لأفضلية إمتصاص النبات للبوتاسيوم وأفضلية إدمصاص المغنيسيوم على معقد التبادل ولقد وجد classen and Wilcox (1974) أن

إضافة أسمدة $NH_4^+$, K أدى إلى إنخفاض امتصاص الكالسيوم والمغنيسيوم بواسطة نبات الذرة .

يتواجد المغنيسيوم في معدن الفيرميكيوليت حيث أن تركيب هذا المعدن يتمدد ليتسع لطبقتين من الماء وعدد من أيونات المغنيسيوم الكافية لمعادلة الشحنات السالبة في طبقات المعدن ولذلك فإن معدن الفيرميكوليت يعتبر مصدر هام للمغنيسيوم عند تجويته .

**المغنيسيوم في النبات**

المغنسيوم يعتبر حيوى وضرورى لعملية التمثيل الضوئى فكل جزء كلورفيل لابد أن يحتوى على أيون مغنسيوم ولذلك فأغلب المغنيسيوم في النبات يتواجد في الكلوروفيل والبذور وكميات أقل تتوزع على أجزاء النبات المختلفة . أيضا المغنسيوم يلعب دورا هاما في العمليات الفسيولوجية للنبات حيث يكون مرافق انزيمى لتنشيط التفاعلات الانزيمية .

ويوضح الجدول (10-1 ) محتوى بعض المحاصيل من المغنيسيوم ويلاحظ أن النباتات عموما تحتوى على ($Mg^{+2}$) يقدر بحوالى $^{2}/_{3}$ – $^{1}/_{4}$ محتوى النبات من الكالسيوم . و تحتوى البقوليات عادة على كميات أكبر من المغنيسيوم بالمقارنة بالنباتات الأخرى ونقص المغنيسيوم في النبات (الحشائش) يسبب أمراض grass tetany في الحيوانات المجترة وهذا المرض شائع الحدوث في أول الربيع وينتهى في الصيف لأن الجو الدافئ يزيد من امتصاص النبات للمغنيسيوم من التربة .

**الأسمدة المغنيسيوميه**

أسمدة المغنيسيوم هى مواد تحتوى على العنصر المغذى المغنيسيوم في صورة كاتيونية . ولقد ظهرت أهمية التسميد المغنيسى حديثا بعد طول إهمال وعادة ما تستخدم الرموز التالية :

Mg الرمز الكيميائى لعنصر المغنيسيوم .

$Mg^{+2}$ أيون المغنيسيوم وهو كاتيون ثنائى يوجد في التربة والنبات والسماد.

MgO أكسيد المغنيسيوم ويطلق عليه ماغنيسيا magnesia ويستخدم كأساس مرجعى لمحتوى السماد من المغنيسيوم .

**الإنتـــــاج**

المواد الخام للأسمدة المغنيسيوميه هى عبارة عن معادن توجد في الطبيعة وتوجد أملاح المغنيسيوم مصاحبة لأملاح البوتاسيوم في الترسيبات الملحية ولذلك يتم فصل المغنيسيوم صناعيا وكيميائيا والمخزون العالمى كبير لوجود سلسلة من الجبال تحتوى على صخور حاملة للمغنيسيوم .

**الأسمدة المغنيسية وصفاتها**

تقسم الأسمدة المغنيسية تبعا لاستخدامها إلى :-

**١- أسمدة ذائبة في الماء :**

**كبريتات مغنيسيوم** . ويستخدم للتسميد في صورتين :

أ – كيسيريت Kiserite

وذوبانه يصل إلى حوالى 60% وهو يصلح كسماد يضاف على التربة .

ب- إيبسوم Epsom

وهو أكثر ذوبانا من كيسيريت ويستخدم كسماد في حالة الرش على الأوراق .

**كلوريد مغنيسيوم**

وهو عالى الذوبان في الماء ويستخدم أساسا كسماد ورقى ويحتوى على حوالى 2% كالسيوم .

**نترات مغنيسيوم**

لا يستخدم كسماد .

جدول (10-2): الأسمدة المغنيسية

| السماد | التركيب الكيماوى | % Mg | الخواص |
|---|---|---|---|
| **كبريتات مغنيسيوم**<br>**Kieserite**<br>**Epsom salt** | $Mg\,SO_4 . H_2O$<br>$Mg\,SO_4 . 2H_2O$ | 17 | أقل ذوبانا<br>ذائب حتى 60% |
| **كلوريد مغنيسيوم** (محلول) | $Mg\,Cl_2\,(6H_2o)$ | 10 | ذائب في الماء حتى 75% |
| **أكسيد مغنيسيوم** | Mg O | 8 | قليل الذوبان في الماء (مسحوق) |
| **مسحوق صخر المغنيسيوم** | سليكات مغنيسيوم | 42 | قليل الذوبان (بطئ) |
| **كربونات مغنيسيوم** | $Mg\,CO_3$ | 12 | |

**٢- أسمدة قليلة الذوبان :**

وأسمدة هذه المجموعة تختلف إختلافا كبيرا في درجة ذوبانها وتشمل :

**أكسيد مغنيسيوم (Mg O)**

قليل الذوبان في الماء وبطئ الذوبان ولذلك فهو يستخدم كسماد ورقى حيث يخلط مع الكاولين كمادة مفرقة لعمل سماد ورقى بطئ.

**حجر جيرى المغنيسيوم**

وهو عادة يستخدم لرفع الرقم الهيدروجينى للأراضى الحامضية وليس كسماد مغنيسى .

**مسحوق صخر المغنيسيوم**

وهو يتكون أساسا من الصخور السليكاتية المطحونة الغنية بالمغنيسيوم .

**إضافة الأسمدة الماغنيسية**

يتزايد الأن استخدام الأسمدة الماغنيسية وذلك لتزايد ظهور أعراض نقص المغنيسيوم وخاصة في أراضى المناطق الرطبة التى تستقبل كميات كبيرة من الأسمدة البوتاسية والفوسفاتية . وترجع زيادة أعراض نقص المغنيسيوم أساسا إلى فقد المغنيسيوم بالغسيل وأيضا نتيجة قلة إمتصاص المغنيسيوم بسبب الإضافات المتزايدة من البوتاسيوم antagonistic effect .

**الإختيار الصحيح للسماد**

يتوقف الأختبار الصحيح للسماد على ما إذا كانت التربة تتطلب إضافة جير لتعديل الرقم الهيدروجينى أم لا :

**الأراضى التى تحتاج إضافة جير**

يتم إضافة الجير في صورة ماغنيسيوم (حجر جيرى ماغنيسى) وبالتالى تمد التربة بالمغنيسيوم .

**الأراضى التى لا تحتاج إضافة جير**

وهذه يمكن تسميدها بأملاح المغنيسيوم القابلة للذوبان في الماء مثل kieserite أو أى نوع أخر . وبوجه عام فإن إختيار السماد يتوقف على :

١- الفعل السريع :

رش الأوراق تعتبر تسميد ذو فعل سريع وأيضا إضافة أملاح المغنيسيوم القابلة للذوبان في الماء إلى التربة تعتبر ذات فعل أقل سرعة من الرش .

٢- إحتمالات الإضافة مع عناصر سمادية أخرى مثل إضافة البوتاسيوم والمغنيسيوم في صورة كبريتات مع بعضهم لتسميد البطاطس .

**التطبيق العملى للأسمدة الماغنيسية**

إضافة السماد الماغنيسى هى عملية سهله حيث يمكن إضافة صور السماد الذائبة في الماء على سطح التربة حيث يمكن للسماد عند ذوبانة في الماء من إختراق سطح التربة والوصول إلى الجذر في حالة النقص الشديد يجب إضافة السماد الماغنيسى رشا على الأوراق .

ومعدل التسميد بالمغنيسيوم يعادل معدل التسميد البوتاسى ويقل بزيادة التسميد البوتاسى .

## الكبريت Sulfur

سلوك الكبريت يشبة إلى حد كبير سلوك النيتروجين . فكل من الكبريت والنيتروجين يرتبطان بالكربون في المركبات العضوية بواسطة الرابطة التعاونية وكلاهما يتواجد في أكثر من حالة أكسدة ويتواجدان في التربة جيدة الصرف في أعلى حالة أكسدة علىَ صورة ($SO_4^{--}$, $NO_3^-$) . وهاتان الصورتان هما الصالحتان للإمتصاص بواسطة النبات . ويكون الكبريت أنيونات ذائبة في الماء تكون عرضة للغسيل عندما يزيد تركيزها في المحلول الأرضى علما بأن ذائبية الكبريتات تقل عند وجود الكالسيوم بكمية وفيرة وذلك لتكون كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4 . 2H_2O$) قليلة الذوبان في الماء .

**الكبريت في التربة**

تقدر نسبة الكبريت في مادة الأصل بحوالى 0.06% وتعمل عوامل التجوية والغسيل وإمتصاص النبات على خفض تركيز الكبريت المعدنى في الطبقة السطحية من التربة ويصبح أغلب المتبقى هو الكبريت العضوى.يتراوح كمية الكبريت في الأراضى معتدلة التجوية بالمناطق الرطبة في الطبقة السطحية بين 100-200 kg/ha . وتحتوى أراضى المناطق الجافة على نفس كمية الكبريت الموجودة في أراضى المناطق الرطبة ولكن أغلب هذه الكمية تكون في صورة غير عضوية لأن نصف كمية الكبريت في الأفق السطحي A تكون في صورة غير عضوية وتقل كمية الكبريت في الأفق تحت السطحي B .يتواجد الكبريت في التربة في صورة سلفهيدريل (SH-) Sulfhydryl وكبريتات ($SO_4^{-2}$) وحوالى $^1/_3$ الكبريت العضوى الموجود في التربة يكون على صورة methionine , amino acids cystine .

تحتوى الأراضى عادة على الكبريت في صورة كبريتات ذائبة في المحلول الأرضى وكبريتات متبادلة ومرتبطة بالشحنات الموجبة الموجودة

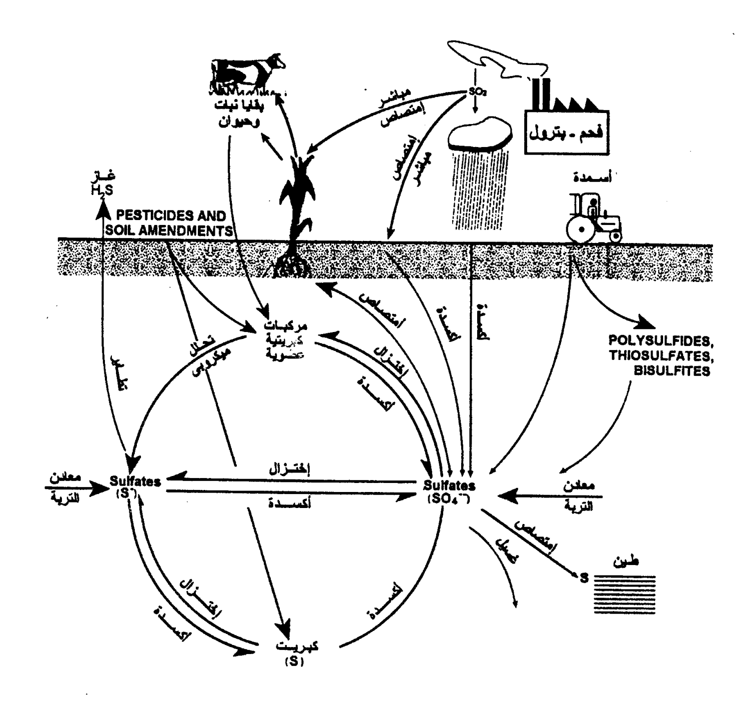
على الطين والدبال وتكون كمية الكبريت المتبادلة أكبر ما يمكن في الأراضى الأستوائية وذلك لإحتوائها على كمية كبيرة نسبيا من الشحن الموجبة على أكاسيد الألومنيوم والحديد . أما أراضى المناطق الجافة فتحتوى على الكبريت في صورة كبريتات ذائبة وكبريتات الكالسيوم المترسبة وذلك لقلة الغسيل في هذه الأراضى . الأتربة الملحية غالبا ما تحتوى على كميات كبيرة من الكبريت كما أن بعض أراضى المناطق الجافة تحتوى على طبقة غنية بالكبريت في صورة كبريتات الكالسيوم (الجبس) في أفق C وهذه الطبقة غالبا ما تقع أسفل أفق Ck وهو أفق تجمع الكربونات .

بعض الأراضى ذات الصرف الردئ تحتوى على الكبريت في صورة مختزله (كبريتيد) واغلب الكبريت في هذه الأراضى يتحد مع الحديد ليكون كبريتيد الحديد $FeS_2$ الذى يعرف باسم حديد البيريت علما بأن الكبريتيدات ضعيفة الذوبان في الماء . يجب عدم تحسين الصرف الخاص بهذه الأراضى حتى الكبريتيدات لا تتأكسد إلى كبريتات وينخفض الـ pH إلى 2 التى لا تسمح بنمو النبات . وكثير من الأراضى التى كانت تستخدم كمناجم فحم أصبحت لا تصلح للزراعة نتيجة الحموضة الشديدة بها حيث أن مخلفات الفحم تحتوى على كميات كبيرة من الكبريتيدات .

**دورة الكبريت**

يمر الكبريت بدورة أكسدة في التربة ودورة إختزال في النبات بصورة تشبة دورة النيتروجين (شكل 10-2) .

وفى دورة الكبريت نجد أن الكبريت يتحرر من مادة الأصل نتيجة التجوية كما يحدث فقد للكبريت عن طريق الغسيل وهذا يعتمد على المناخ . ولقد قدر متوسط الفقد السنوى للكبريت في شرق الولايات المتحدة الأمريكية بحوالى 45kg/ha . يتم فقد الكبريت ايضا عن طريق الأنجراف وما تمتصة النباتات من التربة .




شكل (2-10): دورة الكبريت

يمثل التبادل بين الكبريت في التربة والنبات وثانى أكسيد الكبريت في الجو جزء هام من دورة الكبريت فبقايا النباتات ومخلفات الحيوانات تحتوى على كبريت وقد تتحرر وتنطلق إلى الهواء الجوى في صورة ثانى أكسيد الكبريت . تركيز ثانى أكسيد الكبريت $SO_2$ في الجو حوالى 0.05 جزء في المليون ويمكن أن يرتفع إلى 1ppm بالقرب من مناجم الكبريت ويعتبر تركيز 1ppm كبريت في الجو سام للنبات .

يذوب ثانى أكسيد الكبريت في الماء ولذلك فهو يصل إلى التربة ثانية عن طريق الأمطار ولقد قدرت كميات الكبريت التى تصل إلى التربة في إنديانا بالولايات المتحدة عن طريق الأمطار بحوالى 27 kg/ha سنويا أما في روسيا فتتراوح كميات الكبريت التى تصل إلى التربة بين 5-45 kg/ha سنويا .

العديد من الميكروبات لها القدرة على تحرير الكبريتات عن طريق تحلل المادة العضوية وتكون أولا على صورة كبريتيدات وتتم أكسدتها بعد ذلك إلى كبريتات .

**الكبريت كعنصر مغذى للنبات**

تمتص النباتات الكبريت من التربة على صورة ايون الكبريتات ($SO_4^{-2}$) أو من الجو على صورة ثانى أكسيد الكبريت ($SO_2$) . ويعتبر الكبريت حيوى لبناء بروتين النبات وأيضا لهرمونات النمو في النبات فالاحماض الأمينية ، سيستين Cystine , methionine جميعها تحتوى على كبريت ولأن الأحماض المينية هامة لكل من النبات والحيوان فإن الحيوانات التى تتغذى على النباتات النامية في أراضى تعانى من نقص الكبريت تظهر عليها أعراض نقص الكبريت أيضا .

استخدام أسمدة النيتروجين الخالية من الكبريت مثل اليوريا ونترات الأمونيوم حاليا سوف يؤدى إلى نقص الكبريت في كثير من الأراضى . ولقد

وجد فعلا في كثير من مناطق آسيا والولايات المتحدة الأمريكية أراضى تعانى من نقص الكبريت ولذلك يجب استخدام أسمدة الكبريت في هذه المناطق . ولقد أظهرت التجارب إستجابة محاصيل الذرة والقرنبيط والطماطم في هذه المناطق إلى التسميد الكبريتى (18 kg/ha) .

تمتص النباتات كميات متساوية من الفوسفور والكبريت بينما تبلغ إحتياجات النبات من النيتروجين حوالى 4 إلى 10 أضعاف إحتياجاته من الفوسفور أو الكبريت (جدول 10-2) .

جدول (10-2): كميات الفوسفور والكبريت في بعض المحاصيل

| نوع النبات | المحصول الناتج tons/ha | كبريت (S) kg /ha | فوسفور (P) kg /ha |
|---|---|---|---|
| البرسيم | 12 | 75 | 70 |
| حبوب الذرة | 10 | 58 | 57 |
| القطن | 1.7 | 58 | 20 |
| البطاطس | 25 | 35 | 15 |
| القمح | 5 | 33 | 35 |

يؤدى نقص الكبريت إلى إبطاء عملية تخليق البروتين لسببين :

١- الأحماض الأمينية المحتوية على كبريت هى مكون حيوى وهام في البروتينات .

٢- الكبريت أساسى لتفعيل عمل الإنزيمات المسببة لأختزال النترات ولذلك فإن نقص الكبريت يؤدى إلى إبطاء تكوين جميع الأحماض الأمينية .

وأعراض نقص الكبريت مرتبطة دائما بنقص الكلوروفيل والبروتين ولذلك إصفرار الأوراق يكون من أهم أعراض نقص الكبريت ويظهر أولا على الأوراق الحديثة بعكس النيتروجين الذى تظهر أعراض نقصه على الأوراق القديمة . تعتبر البقوليات حساسة لنقص الكبريت وذلك لأهمية الكبريت في

تثبيت النيتروجين وعموما تتضاعف محاصيل البرسيم والعلف بإضافة الكبريت إلى الأراضى التى تعانى نقص الكبريت .

## أسمدة الكبريت

أسمدة الكبريت هى عبارة عن مواد كيميائية تحتوى على العنصر الغذائى الكبريت في صورة أنيون الكبريتات وتستخدم أسمدة الكبريت لتحسين تغذية النبات بعنصر الكبريت وتقدر إحتياجات النبات من الكبريت بحوالى ثلثى إحتياجات النبات من الفوسفور وإن كان التسميد الكبريتى أقل كثيرا في الأهمية من التسميد الفوسفاتى وذلك لإحتواء الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية على الكبريت كمكون ثانوى .

وتستخدم الرموز الكيميائية التالية :

$S$ الرمز الكيميائى لعنصر الكبريت .

$SO_4^{2-}$ أنيون الكبريتات ويوجد في التربة والماء والنبات .

## الإنتـــاج

يتواجد الكبريتات بكثرة في ترسيبات الأملاح والتكوينات الجبلية (الجبس) وقد تمت مناقشة تصنيع الكبرياتات في سياق الكلام عن تصنيع الأسمدة الأخرى .

## أسمدة الكبريت وخواصها

أسمدة الكبريت هى أسمدة تحتوى على كبريتات $SO_4^{2-}$ وبعضها سهل الذوبان في الماء والبعض الأخر ضعيف الذوبان في الماء ولقد سبق ذكر بعض الأسمدة النيتروجينية والبوتاسية والماغنسية التى تحتوى على كبريتات وكلها سهلة الذوبان في الماء (جدول 10-3) .

جدول (10-3): أسمدة الكبريت

| السماد | الرمز الكيميائى | % الكبريت (S) |
|---|---|---|
| كبريتات أمونيوم | $(NH_4)_2\ SO_4$ | 24 |
| نترات وكبريتات الأمونيوم | $(NH_4)_2\ SO_4\ .\ NH_4\ NO_3$ | 15 |
| كبريتات بوتاسيوم | $K_2SO_4$ | 18 |
| كبريتات البوتاسيوم والمغنيسيوم | $K_2\ SO_4\ .\ Mg\ SO_4$ | 23 |
| كبريتات مغنيسيوم | $MgSO_4\ .\ 7H_2O$ | 13 |
| سوبرفوسفات | $Ca\ SO_{4+}$ فوسفات | 12 |
| الجبس | $Ca\ SO_4\ .\ 2H_2O$ | 18 |
| كبريتات الومونيوم | $Al_2\ (SO_4)_3\ .\ 18H_2O$ | 14 |

**إستخدام أسمدة الكبريت**

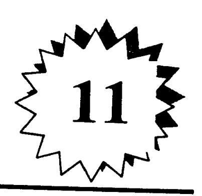
لقى التسميد بالكبريت قليل من الأهتمام وذلك لأن النبات يحصل على إحتياجاته من الكبريت بطرق عديدة بخلاف التسميد فالرياح الآتية من البحار تحمل الكبريتات إلى الحقول القريبة من البحار كما أن الحقول القريبة من المناطق الصناعية تحصل على حوالى 10-30 kg/ha سنويا من الكبريت من ثانى أكسيد الكبريت المتصاعد من هذه المصانع علاوة على أن كمية كبيرة من الكبريتات تصل إلى التربة من خلال التسميد العادى .

وللأسباب السابق ذكرها نجد أن التسميد بالكبريت يكون ضرورى فقط للنباتات ذات الأحتياجات الكبريتية العالية مثل rape كما أن أعراض نقص الكبريت تتزايد الأن في الدول التى تستخدم اليوريا كسماد نيتروجينى بدلا من سماد كبريتات الأمونيوم وبوجة عام لا توجد أى مشاكل تتعلق باستخدام أسمدة الكبريت كما أن هذه الأسمدة لا تستخدم كسماد ورقى .




# العناصر الغذائية الصغرى

- الزنك.
- الحديد.
- النحاس.
- المنجنيز.
- البورون.
- الموليبدنوم.
- الكلوريد.
- الصوديوم.
- الكوبالت.



# العناصر الغذائية الصغرى

**ESSENTIAL MICRONUTRIENT ELEMENTS**

أوضحت الأبحاث أن الطبقة السطحية من القشرة الأرضية (التربة) تحتوى على حوالي ١١٣ عنصر. وعند نمو النباتات في التربة فإن جذورها تمتص من المحلول الأرضي كميات متفاوتة من جميع ما يحتويه هذا المحلول من عناصر ذائبة فيه ، بغض النظر عن كون هذه العناصر ضرورية للنبات أم لا ، والنبات يحتاج إلي ست عشرة عنصرا لكي يتم دورة حياته بينما تعتبر بقية العناصر غير ضرورية للنبات . وعلى الرغم من أن هذه الستة عشر عنصراً ذات أهمية متساوية بالنسبة للنبات إلا أن النبات يحتاجها بكميات غير متساوية لان بعض العناصر تدخل في تركيب المكونات الأساسية فى النبات بينما البعض الأخر يدخل كعامل مساعد لبعض الأنزيمات في التفاعلات البيوكيميائية المختلفة التي تحدث بالنبات .

والمصدر الأصلي لتلك العناصر الستة عشر هو الصخر الذي نشأت منه التربة بالإضافة إلى الأسمدة التي تضاف للتربة والتي تحتوى على بعض

العناصر الصغرى كنواتج ثانوية.يحتاج النبات إلى سبعة عناصر بكميات صغيرة ويطلق على هذه العناصر "بالعناصر الصغرى" ويوضح الجدول التالى أسماء العناصر الصغرى وتقسيمها الكيميائى والصور التى تمتص بواسطة النبات.

جدول (1-11): العناصر الأساسية الصغرى

| الإسم | الرمز | التقسيم الكيميائى | الصورة الممتصة |
|---|---|---|---|
| الزنك | Zn | معدن ثقيل | كاتيون $Fe^{+2}$ |
| الحديد | Fe | معدن ثقيل | كاتيون $Mn^{2+}$ } أو صورة مخلبية |
| النحاس | Cu | معدن ثقيل | كاتيون $Zn^{2+}$ |
| المنجنيز | Mn | معدن ثقيل | كاتيون $Cu^{2+}$ |
| الكلور | Cl | هالوجين | آنيون Cl |
| البورون | B | | أنيون $H_2BO_3, HBO_3^{2-}$ |
| المولیبدنیوم | Mo | معدن ثقيل | أنيون $Mo\,O_4^{2-}$ |

وتشمل مجموعة العناصر الغذائية الضرورية الصغرى (الزنك والحديد والمنجنيز والنحاس والموليبد ينوم والبور ون والكلور يد) .

## الزنـــك Zinc

الزنك هو أحد العناصر الصغرى الضرورية للنبات ويتراوح تركيز الزنك الكلى في التربة بين 170-20 ملليجرام/كيلو جرام من التربة . وقد تصل نسبته في أراضى البيت Peat العضوية إلى 1% . وبصفة عامة يتراوح محتوى القشرة الأرضية من الزنك على حوالي 80 ملليجرام/كيلو جرام . ويوجد الزنك في المعادن الأولية للسليكات والكربونات والكبريتيد .

**مصادر الزنك فى التربة**

**١- المصادر المعدنية للزنك .**

- كبريتيد الزنك (سفاليريت) Sphalerite (Zn Fe)S .

- أكسيد الزنك (زنكيت) Zincite ZnO .
- سليكات الزنك (فيللميت) Villemite $Zn_2SiO_4$ $ZnSiO_3$ .

٢- المصادر العضوية للزنك .

الزنك المرتبط بالمادة العضوية وذلك فى صورة معقدات زنك عضوية .

مستوى الزنك فى التربة مرتبط بشدة بنوع مادة الأصل التى نشأت منها التربة فالأراضى التى نشأت من اصل نارى قاعدى تكون غنية فى محتواها من الزنك بينما الأراضى الناشئة من أصل نارى حامضى تكون فقيرة فى محتواها منه وصورة الزنك الصالحة للنبات هى الصورة الكاتيونية الثنائية $Zn^{++}$ حيث أوضحت عدة دراسات أن الكمية الكلية للزنك ليست كلها صالحة للنبات ولكن الكمية من الزنك التى يمكن استخلاصها بمحلول DTPA (ثنائي الأثلين ثلاثي الأمين خماسي حامض الخليك) تعتبرهى الكمية الصالحة بالنسبة للنبات والتى تكون عادة مرتبطة بالمادة العضوية بالتربة والتي تتركز في الطبقة السطحية من التربة .

**العوامل التى تؤثر على صلاحية الزنك للنبات :**

**Factors Affecting Availability of Zinc to Plant**

**١- الرقم الهيدروجيني للتربة**

تزداد صلاحية الزنك للنبات أو ذوبان الزنك بانخفاض الرقم الهيدروجيني للتربة بينما في الأراضي القاعدية والجيرية تقل صلاحية الزنك وقد تظهر أعراض النقص على النباتات النامية بها شكل (11-1) .

حامضي | حامضي متوسط | حامضي خفيف | قلوي خفيف | قلوي متوسط

الحديد

المنجنيز

البورون

النحاس والزنك

الموليبدنيوم

4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 7.5 8 8.5

إمتصاص أكبر ↕ إمتصاص أقل ↕

شكل (11-1): تأثير الـ pH على صلاحية الزنك للإمتصاص

فمثلا إضافة الجبس الزراعي للتربة وإضافة الأسمدة ذات التأثير الفسيولوجى الحمضي (مثل كبريتات الأمونيوم) إلى أراضى المناطق الجافة وشبة الجافة فإن رقم أل pH للاسطوانة الجذرية للنبات النامي بالتربة ينخفض ، وبالتالي تزداد صلاحية الزنك للنبات . أى أن تركيز أيون الهيدروجين يؤثر على معقد الزنك بالتربة كالآتي :

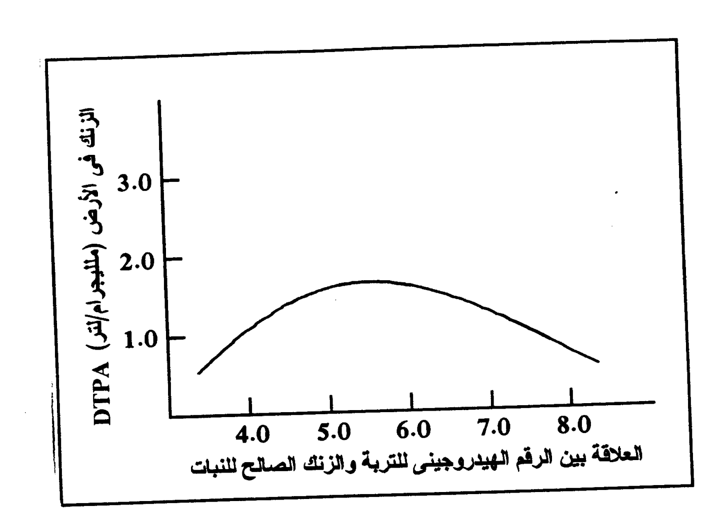
$$Zn^{++} + Soil \longrightarrow Zn\text{-soil complex} + 2H^{+}$$

ويوجد عدة أنواع من معقدات الزنك الذائب في التربة والتي تمثل الزنك فى المحلول الأرضي والتي في حالة اتزان مع الزنك الأرضي وهذه الأيونات هى :

$$Zn^{++}, [Zn(OH)]^{+}, Zn(OH)_2, [Zn(OH)_3]^{-}, [Zn(OH)_4]^{--}$$

وأنيون الزنكات Zincates $[Zn(OH)_4]^{--}$ نادر وجودة في التربة . فعند

قيم pH أقل من ٧,٧ فإن أيون الزنك السائد في التربة هو $Zn^{++}$ وعند قيم أعلى من ٧,٧ فإن أيونات الزنك السائده هي $Zn(OH)_2$ .



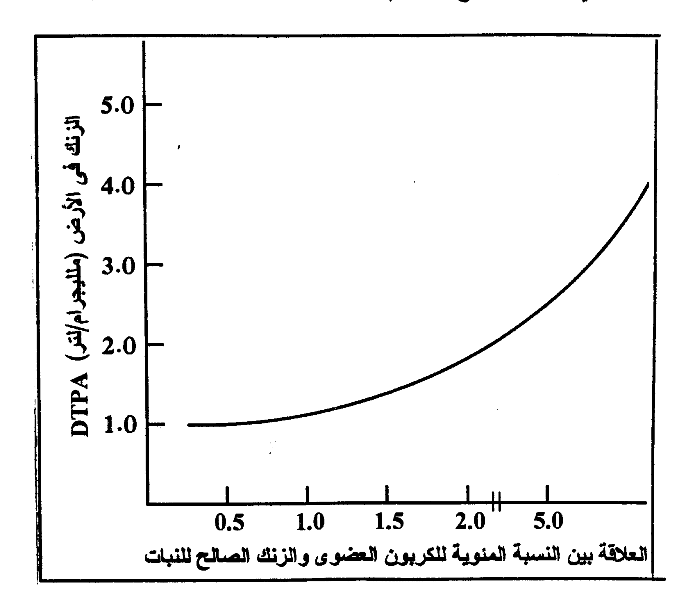

شكل (2-11): تأثير الـ pH على الزنك الميسر للنبات

ويوضح الشكل (2-11) أن ذوبان الزنك يعتمد على pH التربة .

٢- **كمية المادة العضوية فى التربة .**

ينتج عن تحلل المادة العضوية أحماض عضوية تحتوى على مجاميع الكربوكسيل COOH- والفينول OH- والتي لها القدرة على الارتباط مع الزنك مكونة نواتج عالية الثبات وفى نفس الوقت صالحة للامتصاص بواسطة

النباتات ولذلك فالأراضي الفقيرة فى المادة العضوية تعتبر فقيرة فى محتواها من الزنك الصالح للنبات وعليه فإن إضافة المادة العضوية للتربة يحسن من صلاحية الزنك بها ويوضح الشكل التالي شكل (11-3) علاقة الكربون العضوي والزنك الصالح للنبات (المستخلص بمحلول DTPA من التربة) .

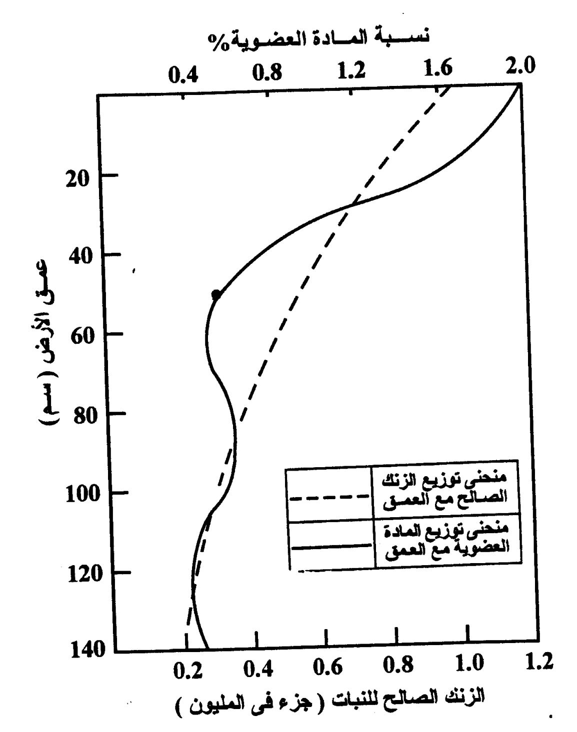



شكل (11-3): العلاقة بين النسبة المئوية للكربون العضوي وكمية الزنك الميسر في التربة

أيضا يوضح الشكل (11-4) تأثير عمق التربة على الزنك الصالح للنبات فيجد أنه بزيادة الفوسفات في العمق يقل الزنك الصالح نتيجة لإنخفاض المادة العضوية بزيادة العمق .

**٣- كمية السماد الفوسفاتى المضافة للتربة .**

يلجأ بعض المزارعين إلى إضافة الأسمدة الفوسفاتية بمعدلات عالية جدا إلى بعض الحاصلات مثل الخضراوات وأشجار الفاكهة ويؤدى ذلك إلى ظهور أعراض نقص الزنك على النباتات النامية فى هذه التربة ويعزى ذلك إلى تكون مركب فوسفات الزنك $Zn_3 (PO_4)_2 4H_2O$ في التربة وهذا المركب شحيح الذوبان جدا في المحلول الأرضي وخاصة الأراضي الجيرية مما يؤدى إلى ترسيب الزنك في التربة أو فى جذور النباتات ، ولا ينتقل إلى باقي أجزاء النبات ويؤدى ذلك إلى ظهور أعراض نقص الزنك على هذه النباتات .




شكل (11-4): تأثير عمق التربة على الزنك الصالح للمهات والمادة العضوية

٤- محتوى التربة من المواد الغروية .

فى كثير من الحالات تظهر أعراض نقص الزنك على النباتات النامية فى الأراضي ذات القوام الخشن وذلك لفقر هذه الأراضى في محتواها من الزنك .

**كمية الزنك في التربة**

تختلف كمية الزنك الكلية فى التربة من عدة ملليجرامات /كيلو جرام في الأراضي الرملية وقد تصل إلى 100 ملليجرام /كيلو جرام في الأراضي الطينية الثقيلة وهذه الكمية الكلية من الزنك بالطبع ليست كلها صالحة للامتصاص بواسطة النبات بل جزء صغير جدا منها هو الصالح والقابل للامتصاص بواسطة النبات. الجدول التالي يوضح كمية الزنك فى بعض الأراضي المصرية.

جدول (11-2): الزنك في الأراضى المصرية

| نوع التربة | ملليجرام / كيلو جرام | |
|---|---|---|
| | الكمية الكلية | الكمية الميسرة للنبات والمستخلصة بمحلول DTPA |
| الأراضى الرملية | 5-2 | 0.5-0.1 |
| الأراضى الجيرية | 42-12 | 0.8-0.1 |
| الأراضى الرسوبية | 125-50 | 2.5-0.4 |

**أهمية الزنك للنبات**

- يدخل فى التفاعلات الحيوية المؤدية لتكوين هرمونات النمو .
- يؤدى نقصه إلى تأخير تمثيل البروتين والنشا وزيادة السكريات الذائبة بثمار بعض المحاصيل وتقليل استطالة النموات الحديثة في النبات .
- يشترك فى عمليات تكوين هرمونات النمو اللازمة للنمو الطبيعي للخلايا .

**أعراض نقص الزنك**

تظهر أعراض نقص الزنك على بعض الحاصلات الحساسة لمستوى الزنك الميسر فى التربة . فمثلا أعراض نقص الزنك على أشجار الموالح

تظهر على العرق الوسطى وتكون العروق الجانبية ذات لون أخضر داكن . ويظهر اللون الأصفر على المساحات البينية بين العروق الجانبية وتصبح الأوراق أقل عرضا مقارنة بالأوراق العادية وتقل مساحتها وتأخذ شكلا رأسيا ويكون النصل مدببا ويكون تصفى الورقة (الأيمن /الأيسر) غير متماثلين وتتساقط الأوراق الحديثة من قمة الفرع ويحدث انخفاض شديد في المحصول . ونقص الزنك يكون مرتبط بتثبيط أو إيقاف تخليق حمض الريبونيوكليك RNA والذي ينعكس بدورة على النمو الطبيعي للبلاستيدات الخضراء . وبزيادة نقص الزنك يتحول اللون الأصفر إلى اللون الأبيض (شكل 11-5)'.



**نقص الزنك فى**
**الذرة الشامية**



**نقص الزنك**
**فى الموالح**

شكل (11-5) : أعراض نقص الزنك على أشجار الموالح

**احتياجات الحاصلات للزنك**

تختلف النباتات من حيث احتياجاتها للزنك فبعض الأنواع حساسة لنقص الزنك وتستجيب لإضافة الزنك والبعض الآخر احتياجاته بسيطة وتقسم النباتات من حيث احتياجاتها من الزنك إلى الآتى :

١- نباتات حساسة لنقص الزنك وتستجيب لإضافة الزنك: (الموالح – الذرة السكرية – الذرة الشامية – البقول – ذرة العلف – البصل ) .

٢- نباتات متوسطة الحساسية: (الطماطم – فول الصويا – البطاطس – حشيشة السودان – بنجر السكر – بنجر المائدة ) .

٣- نباتات تستجيب ببطء لإضافة الزنك وغير حساسة لنقص الزنك: (البسلة – البرسيم الحجازى – الجزر – القمح – الاسبرجس ) .

**علاج نقص الزنك**

الأراضي المصرية وأراضى البلاد العربية ليست كلها تعانى من نقص الزنك الميسر للحاصلات المختلفة . ولكن الأراضي الحديثة الاستصلاح والأراضي الغنية فى كربونات الكالسيوم والفقيرة في المادة العضوية تعانى النباتات النامية بها من نقص الزنك الصالح ويجب إضافة أسمدة الزنك لها . والتسميد بالأسمدة المعدنية بصفة عامة لا يعطى نتائج معنوية فى زيادة المحصول وتفضل إضافة الصورة العضوية المخلبية للزنك عن الصورة المعدنية ، كما يفضل طريقة الرش على الأجزاء الهوائية للمحاصيل عن الإضافات الأرضية .

تقسم الأسمدة المحتوية على الزنك إلى أسمدة معدنية ومخلبيات عضوية . وفيما يلي أهم الأسمدة التجارية المحتوية على الزنك (جدول 11-3) .

جدول (11-3): أسمدة الزنك

| الســــماد | التركيب الكيميائى | % للزنك |
| --- | --- | --- |
| أسمدة الزنك المعدنية | | |
| - أكسيد الزنك . | $ZnO$ | 70 |
| - كبريتات الزنك أحادية التأدرت . | $ZnSO_4 . H_2O$ | 36 |
| - كبريتات وهيدروكسيدات الزنك . | $ZnSO_4 . 4Zn(OH)_2$ | 55 |
| - معقدات الزنك والأمونيا | $ZnNH_3$ or $Zn(NH_3)_4^{++}$ | 10 |
| أسمدة الزنك العضوية (المخلبية) | | |
| - زنك مخلبى HEDTA . | Na Zn HEDTA | 9 |
| - زنك مخلبى EDTA . | $Na_2$ Zn EDTA | 14 |

ويوضح جدول (11-4) بعض المعدلات التقريبية الخاصة بإضافة الزنك لبعض الحاصلات وطريقة الإضافة .

جدول (11-4): معدلات إضافة الزنك لبعض المحاصيل

| المحصول | نوع السماد | معدل الإضافة كجم / فدان | طريقة الإضافة |
| --- | --- | --- | --- |
| الأرز | كبريتات الزنك | ٢- ٠,٥ | نثر قبل الزراعة |
| | زنك مخلبى | | سرسبة فى خطوط |
| فول الصويا | كبريتات الزنك | ٠,٥- ٢ | نثر أو سرسبة |
| | زنك مخلبى | ٠,٣ – ٠,٨ | سرسبة او فى خطوط |
| الذرة | كبريتات الزنك | ٣- ٥ | نثر أو فى خطوط |
| | زنك مخلبى | ٠,٢- ٠,٨ | سرسبة فى خطوط |
| البصل | زنك مخلبى | ٠,٢ | سرسبة فى خطوط |
| الموالح | كبريتات الزنك | ٠,٢ كجم/١٠٠لتر ماء | رش ورقى |
| البسلة والبطاطس | زنك مخلبى | ٠,١- ٠,٣ | رش ورقى |

## الحديـــد Iron

يعتبر الحديد (Fe) من العناصر التى تتواجد بالتربة بكميات كبيرة إذ يأتى ترتيبه الرابع بين العناصر من حيث وفرة وجودة بالقشرة الأرضية إذ يلى الأكسجين ($O_2$) والسيليكون (Si) والألومنيوم (Al) ونسبته فى القشرة الأرضية تصل إلى 5% . ومعظم الحديد فى القشرة الأرضية يوجد فى صورة معدنية أى مرتبط بأيونات أخرى مثل الأكاسيد والكربونات والكبريتيدات ويوجد الحديد أيضا في الأراضي الزراعية على عدة صور أهمها الأكاسيد والهيدروكسيدات الغروية والمركبات العضوية والأملاح الذائبة وأيضا فى صورة متبادلة على سطح معقد التبادل كما يدخل أيضا الحديد في التركيب البلورى لمعادن الطين .

**مصادر الحديد فى القشرة الأرضية**

١- المعادن الأولية Primary Minerals .

معادن سليكات الحديد ومغنسية الناتجة من تجوية الصخور النارية وتؤثر عمليات التجوية على المعادن الأولية وتحولها إلى معادن الايلليت ومعادن الطين المختلفة .

٢- المعادن الثانوية Secondary Minerals .

❖ مجموعة الأكاسيد :

- هيمياتيت Hematite $Fe_2O_3$
- ليمونيت Limonite $Fe_2O_3 . 3H_2O$
- إلمنيت Eliminite $FeTiO_3$
- ماجنيتيت Magnetite $Fe_3O_4$

❖ مجموعة الكربونات

- سيدريت $FeCO_3$ Sederite

❖ مجموعة الكبريتيدات

- البيريت $FeS_2$ Pyrite

**الصورة الايونية للحديد فى التربة**

يوجد الحديد في صورة أيونية ثنائية $Fe^{++}$ أو ثلاثية التكافؤ $Fe^{+++}$ وذلك تبعا للظروف السائدة فى البيئة فعند سيادة الظروف الحمضية يكون أيون الحديد السائد هنا فى صورة أيون الحديدوز $Fe^{++}$ وذلك لسيادة أيون الهيدروجين وتحت هذه الظروف تميل أيونات $Fe^{++}$ أو $Fe^{+++}$ إلى تكوين معقدات Complexes مع أيونات الثيوسيانات $SCN^{-}$ مكونة ثيوسيانات الحديديك Fe SCN ، وأيضا مع السيانيد $CN^{-}$مكونه سيانيد الحديدوز أو الحديديك وأيضا مع الأحماض الدبالية مكونه هيومات الحديد أو فلفات الحديد وبالتالى يسهل انتقال الحديد فى القطاع الأرضي من مكان لآخر . وتصل أيونات الحديدوز إلى أعلى تركيز لها عند رقم هيدروجينى يساوى 3 وهى نقطة التعادل الكهربائية لهيدروكسيد الحديد وذلك تحت الظروف الغدقة . وبسيادة الظروف الهوائية وزيادة ضغط الأكسجين ، يترسب الحديدوز على هيئة بقع صفراء وبنية من أكسيد الحد يديك في آفاق القطاع الأرضي .

وأيونات الحد يديك $Fe^{+3}$ قابلة للذوبان فى المحلول الأرضي وذلك عند رقم هيدروجينى يتراوح بين 3-5 ، والذي يعتبر ميسر للنبات حتى رقم هيدروجينى أعلى قليلا من 7 . بينما أيونات الحيدروز $Fe^{+2}$ تكون ميسرة للنبات حتى رقم هيدروجيني حوالي 8 . أما هيومات الحديد تكون ذائبة وميسرة للنبات حتى رقم هيدروجيني أعلى قليلا من 8 (وهو الرقم الهيدروجيني لعديد من الأراضى فى المناطق الجافة وشبه الجافة) .

ما سبق يفسر ظهور أعراض نقص الحديد في الأراضي الجيرية وعلى العكس من ذلك يحدث سمية لنباتات الأرز النامية تحت الظروف الغدقة وانخفاض ضغط الأكسجين . حيث يزداد تركيز أيونات الحديدوز لدرجة السمية لهذه النباتات ويحدث ما يعرف باسم ظاهرة Bronzing لأوراق نباتات الأرز حيث تظهر بقع بنية صغيرة ثم لا تلبث أن تصبح بقع منتشرة على الأوراق مختلفة الشكل والمساحة .

**ذوبان مركبات الحديد فى التربة**

كلما أزداد ضغط $CO_2$ يزداد تركيز حامض الكربونيك $H_2CO_3$ فى المحلول الأراضي وبالتالي يزداد ذوبان أيونات Fe مكونة أيونات بيكربونات الحديدوز وذلك في الأراضي رديئة التهوية وبالتالي يتحرك الحديدوز فى قطاع الأراضي الغدقة مقارنة بالنسبة للأراضي جيدة التهوية بينما نقص ضغط $CO_2$ يؤدى إلى ترسب كربونات الحديدوز $FeCO_3$ كما فى التفاعل التالى :

$$Fe(HCO_3)_2 \text{ متحرك } \longleftrightarrow FeCO_3 \downarrow \text{ راسب } + CO_2 + H_2O$$

عند إرتفاع ضغط الأكسجين $O_2$ فى الهواء الأراضي ووجود أيون الحديدوز يتكون أكسيد الحديديك $Fe_2O_3$ ثم يترسب على هيئة هيدروكسيد الحديديك $Fe(OH)_3$ ومع زيادة جفاف التربة يتحول الهيدروكسيد إلى أكسيد حديديك متأدرت $Fe_2O_3 . nH_2O$ حيث يقل ذوبان هذه الأكاسيد مع زيادة كمية ماء التأدرت فى الأكسيد .

وبصفة عامة يتوقف ذوبان الحديد أو ترسيبه في الأراضي على ظروف الاتزان الكيميائي بالتربة ، والذي بدورة يتأثر بالعوامل التالية:

- ضغط غاز الأكسجين فى الهواء الأرضى .
- الرقم الهيدروجيني فى التربة .

- ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون $CO_2$ في التربة .
- النشاط الميكروبي في التربة .
- وجود المواد العضوية المختلفة فى التربة مثل الدبال Humus .

وعموما مركبات الحديدوز أكثر ذوبانا من مركبات الحديديك . فمثلا عند رقم pH 7 يصل تركيز أيونات الحديدوز إلى $2.7x\ 10^{-6}$ ملليجرام/لتر وتركيز أيونات الحديديك $6.1x10^{-7}$ ملليجرام/لتر ، وتزداد صلاحية الحديد للامتصاص بواسطة جذور النبات ولكن تحت ظروف نقص الأكسجين (ظروف الاختزال) تقل قدرة جذور النبات على الامتصاص بصورة شديدة وذلك لنقص الأكسجين اللازم لتنفس الجذور واللازم للنشاط الحيوي فى النبات .

**العوامل التى تؤثر على صلاحية الحديد للنبات**

١- نوع النبات .

أشجار المشمش والخوخ والموالح حساسة لنقص الحديد خصوصا في الأراضي الجيرية بينما أشجار التين والعنب والزيتون أقل حساسية كما أن بعض أصناف فول الصويا حساسة لنقص الحديد عن بعض الأصناف الأخرى.

٢- الرقم الهيدروجيني pH للتربة (شكل 11-6) .

٣- كمية الكالسيوم في التربة ونوع الأنيون المرتبط به .

لا تؤثر كمية الكالسيوم ونوع الأنيون المرتبط بالكالسيوم على امتصاص الحديد. فقد أوضحت الدراسات أن كربونات الكالسيوم تؤدى إلى ظهور إصفرار على الأوراق نتيجة نقص الحديد في الأشجار النامية بالأراضي الجيرية ، وتسمى ظاهرة اصفرار الأوراق Lime Induced Iron Chlorosis ولا يحدث ذلك في حالة كبريتات الكالسيوم . ليس ذلك فقط بل أن الأنيون المرتبط بالكالسيوم لا يؤثر فقط على إمتصاص الحديد ولكن يعتقد أن

أنيونات البيكربونات يعوق حركة وإنتقال الحديد من الجذر إلى باقي أجزاء النبات .

٤- كمية الفوسفور فى التربة .

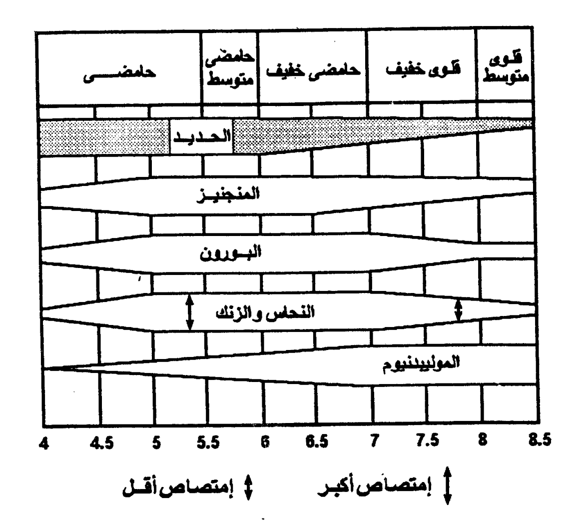
زيادة كمية السماد الفوسفاتي إلى درجة كبيرة تقلل وتعوق حركة وانتقال الحديد إلى أجزاء النبات المختلفة وبالتالي تظهر أعراض نقص الحديد على النبات وذلك يرجع إلى ترسيب فوسفات الحديد في التربة أو في جذور النبات .

٥- المنجنيز .

أوضحت الدراسات أن زيادة المنجنيز في التربة قد أدى إلى قلة امتصاص الحديد بواسطة جذور النبات .

وتحدث ظاهرة يطلق عليها نقص الحديد الناتج عن زيادة المنجنيز Manganese induced iron deficiency حيث يحدث تنافس على مواقع الامتصاص بين أيونات الحديد والمنجنيز وبالتالي تظهر أعراض نقص الحديد على النبات .

٦- وجود أنيون $HCO_3^-$ في المحلول الأرضي وفى ماء الري بكميات كبيرة عن باقي الأنيونات الأخرى .




شكل (11-6): تأثير الـ pH على صلاحية الحديد للإمتصاص

**أهمية الحديد للنبات**

- عامل مساعد في عملية التنفس .
- يدخل في تركيب العديد من الإنزيمات الخاصة بالنشاط الحيوي في النبات .
- يشجع تكوين الكلورفيل ولا يدخل في تركيبة .

**ظاهرة اصفرار الأوراق نتيجة نقص الحديد**

تظهر أعراض نقص الحديد في النباتات النامية في الأراضي الغنية بكربونات الكالسيوم والفقيرة في المادة العضوية وعلى سبيل المثال تظهر أعراض نقص الحديد على أشجار الموالح والعنب والتفاح والخوخ حيث يظهر

العرق الأوسط للورقة والعروق الجانبية على شكل شبكة دقيقة التحديد من العروق ذات لون أخضر يتخللها أنسجة ذات لون أصفر ويكون باقي أجزاء الورقة ذات لون أخضر شاحب وفى الحالات المتقدمة يكون لون فصل الورقة أصفر وقد يتحول لون الأوراق إلى اللون الأبيض الباهت وغالبا ما يلاحظ هذه الظاهرة على النموات الحديثة من الشجرة .





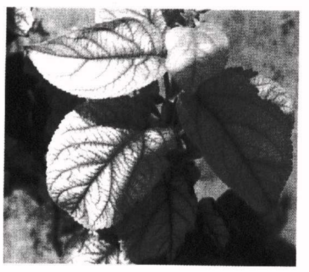
نقص الحديد
فى الموالح



نقص الحديد
فى الخوخ



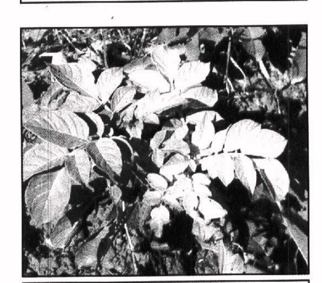
نقص الحديد
فى العنب



نقص الحديد
فى التفاح

(11-7): أعراض نقص الحديد في بعض أشجار الفاكهة



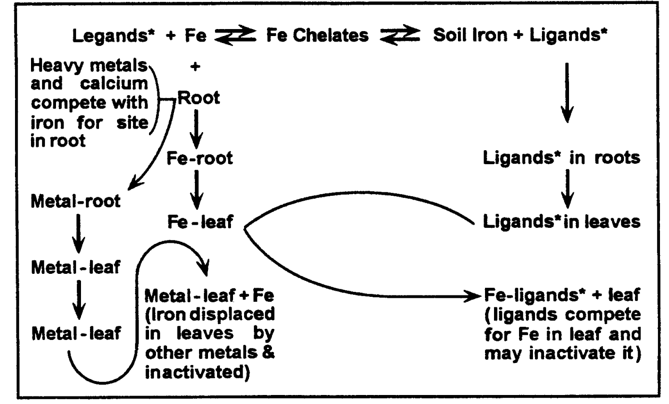



نقص الحديد
فى البطاطس

شكل ( 8-11 ) : أعراض نقص الحديد على بعض الحاصلات المختلفة

عنصر الحديد يعتبر من العناصر بطيئة الحركة نسبيا في أنسجة النبات ويرجع ذلك إلى وجود تنافس بين بعض المركبات العضوية مع الحديد . كما يلاحظ أيضا أن ارتفاع الـ pH في بعض الأنسجة النباتية قد يرسب الحديد داخل هذه الأنسجة ويصبح غير فعال في تأدية دوره الحيوي داخل النبات كما في سيقان نبات الذرة وأيضا عند وجود تركيز مرتفع نسبيا من أنيون البيكربونات $HCO_3^-$ داخل أنسجة حيث يتم ترسيب الحديد ولا ينتقل إلى الأوراق فمثلا يظهر أعراض نقص الحديد على نبات الذرة بالرغم من وجودة بكميات مناسبة وامتصاصه بواسطة جذور النبات .

وأوضحت الدراسات على ظاهرة الاصفرار الناشئ عن نقص الحديد على أوراق النباتات Iron-Chlorotic leaves أن هذه الظاهرة تحدث في أوراق النباتات التي تحتوى على كميات من الحديد أكثر من محتوى الأوراق السليمة الخضراء نتيجة ارتباط الحديد في الأوراق الصفراء بأصول كيميائية مثل أنيونات $OH^-$ , $H_2PO_4^-$, $HCO_3^-$ أو المواد المخلبية العضوية الموجودة في خلايا الأوراق حيث يرتبط الحديد مع هذه المركبات العضوية ويحدث تنافس بين هذه الأصول والحديد ومواقع ارتباط الحديد على المركبات العضوية الخاصة بالحديد ويوضح الرسم التالي ما يتعرض له الحديد من تفاعلات ممكنة بعد امتصاصه من التربة .




شكل (9-11): رسم تخطيطي يوضح العلاقات المتداخلة التي ينشأ عنها نقص الحديد في النبات

ومما سبق يمكن تلخيص أن ظاهرة اصفرار الأوراق التي تظهر على أوراق النباتات تحدث نتيجة إرتباط الحديد مع أصول كيميائية وبالتالي عدم ارتباطه بالجزيء الحيوي العضوي المسئول عن تمثيل الحديد في العمليات الحيوية المختلفة كما في الأمثلة التالية :

- يؤدى زيادة تركيز أنيونات البيكربونات $HCO_3^-$ والهيدروكسيل $OH^-$ الممتصة بواسطة الجذر إلى تقليل معدل انتقال الحديد من الجذر إلى الأوراق نتيجة ارتباط الحديد مع الأصول الكيميائية Ligands للهيدروكسيل والبيكربونات .

- عند رى الأراضي الجيرية يؤدى ذلك إلى ظهور إصفرار على الأوراق النباتات Chlorosis Lime Induced وليس السبب فقط هو ارتفاع الرقم الهيدروجينى للتربة نتيجة انفراد بيكربونات الكالسيوم $Ca\ (HCO_3)_2$ في المحلول الأراضى ، بل نتيجة التنافس بين أيونات الحديدوز $Fe^{++}$ وأيونات الكالسيوم $Ca^{++}$ وأيون البيكربونات $HCO_3^-$ مع الأصول الكيميائية الموجودة بالجذر ويكون ذلك تحت ظروف الأختزال نتيجة رى التربة ونقص الاكسجين في الهواء الأراضى وفى ظل هذه الحالة تختزال أيونات الحديديك $Fe^{+3}$ إلى أيونات الحديدوز $Fe^{++}$ وهذه الأيونات لا تمتص بسهولة بجذر النبات حيث أنها تدخل في منافسة مع أيونات الكالسيوم والأيونات الأخرى الموجودة .

- وجود بعض المواد المخلبية الصناعية في المحلول الأراضى تساعد على ظهور الأصفرار على أوراق النبات .

- عند تسميد التربة بالسماد Fe EDDHA تظهر أيضا أعراض الأصفرار على أوراق النباتات وذلك لأن أيونات البيكربونات والفوسفات الموجودة في المحلول تتنافس مع الحديد Fe على الامتصاص بواسطة جذر النبات ، حيث يفضل الحديد عن المركب المخلبى EDDHA قبل إمتصاصه بالجذر ، فى هذه الحالة فإن أيونات البيكربونات والفوسفات تعمل كأصول كيميائية تنافس المركب المخلبى EDDHA عند سطح جذر النبات للأرتباط مع الحديد ويكون أيونات الحديد هنا معرضا لأربعة مصادر تتنافس عليه هى جذر النبات وأيونات الفوسفات والبيكربونات والمركب EDDHA وبالتالى يقل تركيز الحديد الذى يستخدم مع المركبات العضوية في العمليات الحيوية داخل الخلية النباتية .

- وجود أيونات الكالسيوم $Ca^{++}$ بكميات كبيرة في المحلول الأرضي يؤدى إلى تنافس أيونات الكالسيوم مع الحديد على مواقع الامتصاص بجذر

النبات.

**حساسية المحاصيل المختلفة لنقص الحديد**

تتفاوت أنواع النباتات المختلفة في تحملها لنقص الحديد الصالح للامتصاص بواسطة النباتات في التربة وتقسم من ناحية شدة تأثرها بنقص الحديد إلى :

**١- نباتات حساسة لنقص الحديد**

الفول – التيل – الخوخ – الموالح – ذرة العلف – الدخن – العنب – فول الصويا – الطماطم – حشيشة السوادن .

**٢- نباتات متوسطة الحساسية لنقص الحديد**

الذرة – القطن – الشعير – البرسيم الحجازي – التيل – الأرز – القمح – الخضراوات .

**٣- نباتات منخفضة الحساسية لنقص الحديد**

بنجر السكر – البطاطس – التفاح .

**علاج نقص الحديد في التربة**

الأراضي المصرية وخاصة الأراضي حديثة الاستصلاح والأراضي الجيرية والفقيرة في المادة العضوية . بدأت تقل قدرتها على إمداد النباتات النامية فيها بعنصر الحديد وبالتالى فإن معظم الحاصلات النامية بها تعانى من نقص عنصر الحديد . . ويجب إضافة الأسمدة المحتوية على الحديد إلى هذه الحاصلات بالتركيز الأمثل للمحصول وذلك للحصول على أعلى عائد ممكن. وقد لوحظ أن التسميد بالأسمدة المعدنية إلى التربة لا يعطى النتائج المرغوبة من زيادة المحصول . كما لوحظ أيضا أن على الرغم من علاج الحديد عند

ظهور أعراض نقصه على المحصول فإن النموات الحديثة التي تظهر بعد عملية العلاج يظهر عليها أعراض النقص ويجب رشها مرة أخرى بمحلول العنصر . وبصفة عامة يفضل استخدام أسمدة الحديد المخلبية وإضافتها رشا على المحصول بدلا من إضافتها للتربة . ويوضح الجدول (11-5) أنواع أسمدة الحديد بينما يوضح الجدول (11-6) المعدلات التقريبية للتسميد بالحديد وطوق الإضافة .

جدول (11-5): أسمدة الحديد

| اسم السماد | التركيب الكيميائي | % للحديد |
|---|---|---|
| أسمدة الحديد المعدنية | | |
| كبريتات الحديدوز | $FeSO_4 , 7H_2O$ | 30% |
| كبريتات الحديدوز الأمونيومى | $(NH_4)_2 SO_4 FeSO_4 , 6H_2O$ | 14% |
| أسمدة الحديد العضوية (أسمدة الحديد المخلبي) | | |
| | Fe EDTA | 12.9 % |
| | Fe DTPA | 10 % |
| | Fe EDDHA | 6 % |
| | Fe HEDTA | 6.5 % |

**جدول (11-6): المعدلات التقريبية للتسميد بالحديد وطريقة الإضافة**

| المحصول | مصدر الحديد | معدل الإضافة /فدان | طريقة الإضافة |
|---|---|---|---|
| الموالح | حديد مخلبي | 10.4 جم/ مشجرة | نثر |
| الخضراوات | حديد مخلبي | 0.5-0.2 كجم / فدان | رش |
| فول الصويا | حديد مخلبي | 50 جم / فدان | رش |
| الذرة | كبريتات الحديدوز | 0.5-0.2 كجم حديد /100 لتر ماء | رش |
| القطن | كبريتات الحديدوز | 0.5 كجم حديد / فدان | رش |

## النحـــاس Copper

يوجد النحاس الكلى في الأراضى بكميات صغيرة حوالى 75-20 كجم / هكتار وذلك لعمق 15سم . ويتواجد أساسا في معادن الكبريتيدات والسليكات والكربونات والكبريتات وأيضاً في صورة معقدات النحاس العضوية . وتركيز النحاس في المحلول الأرضي منخفض جداً ويتراوح بين $5x10^{-8}$ -$1x10^{-8}$ مول/لتر . والصورة الكيميائية للنحاس هي صورة كاتيون النحاس الثنائي $Cu^{++}$ والأحادي $Cu^{+}$ . وتحت ظروف الأكسدة العادية في الأراضي فإن الصورة السائدة هي كاتيون النحاس الثنائي $Cu^{++}$ ، وهى الصورة الأساسية الصالحة للنبات .

**مصادر النحاس في التربة**

– **المصادر المعدنية للنحاس**

١– أكاسيد النحاس: كوبريت Cuprites Cu2 O ، تينوريت Tenorite Cu O

٢– كربونات النحاس: مالا كيت Malachite $Cu\ CO_3 . Cu\ (OH)_2$ .

٣– كبريتيد النحاس: كالكوسيت Chlcosite $Cu_2\ S$ .

٤– كبريتيد النحاس : كوفلليت Covellite CuS , $Cu\ Fe\ S_2$ .

– **المصادر العضوية للنحاس**

معقدات النحاس العضوية .

ويعتبر كبريتات النحاس $Cu\ SO_4 . 5H_2O$ من المركبات الصناعية التى يضاف للنبات كمبيد فطرى حيث يعتبر أيون النحاس سام للنباتات الغير راقية مثل الطحالب والفطريات ، ويستخدم مخلوط مع الجير ويطلق عليه مخلوط بورد و Bord eaux Mixture ثم يضاف إلى النبات بعد ذلك.

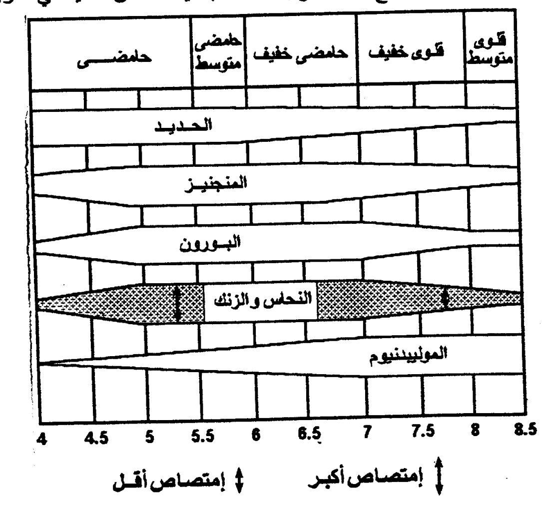
- **العوامل التي تؤثر على صلاحية النحاس من التربة للنبات**

١- الرقم الهيدروجيني للتربة :

أفضل رقم هيدروجيني للتربة بحيث تكون كمية النحاس الميسر للنبات أعلى ما يمكن هو 6 ، وإذا زاد الرقم الهيدروجيني عن ذلك فإن كمية النحاس الصالحة تقل ، كما في حالة الأراضي الجيرية والقاعدية . بينما في حالة الأراضى شديدة الحموضة (أقل من رقم هيدروجيني 4) فتقل أيضا كمية النحاس الصالح للنبات ، وذلك لارتباط النحاس مع سليكات الألومنيوم وأيضا مع أيونات الفوسفات .

٢- كمية النحاس الكلية بالتربة .

كمية النحاس الصالح للنبات ترتبط أساسا بكمية النحاس الكلية في التربة.




**شكل (11-10):تأثير الرقم الهيدروجينى للتربة على صلاحية النحاس للإمتصاص بواسطة النبات**

٣- قوام التربة

تظهر أعراض نقص النحاس على النبات النامية في الأراضي الرملية ذات المحتوى المنخفض من النحاس .

٤- كمية المادة العضوية في التربة

يرتبط أيون النحاس بشدة بالمواد العضوية الموجودة بالتربة أكثر من المغذيات الأخرى مثل الحديد والزنك والمنجنيز . لذلك تظهر أعراض نقص النحاس على النباتات النامية في الأراضي الغنية في الدبال Humus .

٥- ماء الرى المستخدم في الزراعة

استخدام ماء الري غير جيد النوعية يؤدى إلى ظهور أعراض نقص النحاس على النباتات النامية .

٦- المنافسة بين الأيونات

قد تظهر أعراض نقص النحاس على النباتات النامية وذلك عند تسميدها بأسمدة أخرى مثل الحديد المخلبي والزنك والمنجنيز .

٧- استخدام معدلات تسميد عالي من السماد النيتروجين والفوسفاتي

تظهر أعراض نقص النحاس على النباتات عند إضافة معدلات عالية من السماد النيتروجيني ، والسماد الفوسفاتي.

٨- نسبة كربونات الكالسيوم في التربة

عند ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم بدرجة كبيرة في التربة تظهر أعراض نقص النحاس على النباتات النامية في هذه التربة .

والعوامل السابق ذكرها سواء منفردة أو مجتمعة تؤدى إلى ظهور اعراض نقص النحاس على النباتات النامية .

**أهمية النحاس للنبات**

- يوجد بتركيز مرتفع نسبيا في الكلوربلاستيدات وله دور في عملية التمثيل الضوئي في النبات .
- يلعب دور مهم في عملية تخليق الكلوروفيل في النبات .
- يعمل كعامل مختزل للعديد من الأنزيمات .
- يشارك في متيابولزم تخليق البروتينات والكربوهيدرات داخل النبات ، حيث يعمل كمرافق إنزيم Cofactor .

**أعراض نقص النحاس**

تتأثر النباتات بنقص النحاس الصالح في التربة وتظهر عليها أعراض نقص النحاس ففى نبات القمح يظهر أعراض النقص على شكل جفاف وموت قمة الأوراق أو أجزاء من الورقة وتلتف الأجزاء الجافة على شكل لولب ، ويتأثر طرد السنابل حيث تظل تحت أبط آخر ورقة . وفى حالة النقص البسيط تكون الحبوب المتكونة صغيرة وفى حالات النقص الشديد تكون السنابل فارغة ويظهر حقل القمح بلون مائلا للون الأبيض .

بينما في حالة نقص النحاس على أشجار الفاكهة ، تتأثر عملية تكوين الأزهار والثمار وتصاب الأشجار بعديد من الأمراض .



**نقص النحاس**
**فى القمح**

(11-11): اعراض نقص النحاس على القمح

**حساسية أنواع النباتات المختلفة لنقص النحاس**

تقسم أنوع النباتات المختلفة تبعا لحساسيتها لنقص النحاس الصالح في التربة إلى :-

١- نباتات عالية الحساسية لنقص النحاس :

البصل – الخس – القمح – الموالح – البرسيم الحجازى – السبانخ – حشيشية السودان .

٢- نباتات متوسطة الحساسية لنقص النحاس :

الطماطم – الذرة – بنجر المائدة – الخيار – الكرنب – الجزر – الفجل – الشعير – الذرة السكرية .

٣- نباتات منخفضة الحساسية لنقص النحاس :

البطاطس – البسلة – الفول – فول الصويا – الاسبرجس .

**التسميد بالنحاس**

أراضى الوادى وأراضى الدلتا الرسوبية لا تعانى حاليا من نقص النحاس الصالح لمعظم الحاصلات . ولكن الأراضى الجيرية والأراضى الحديثة الاستصلاح بدأت تعانى من نقص النحاس الصالح للنباتات . والتسميد بالأسمدة المعدنية للنحاس بصفة عامة لا يعطى نتائج مرضية في زيادة المحصول . وبفصل إضافة الصورة المخلبية للنحاس عن الصورة المعدنية ، كما يفضل طريقة الرش عن الإضافات الأرضية سواء نثرا او تكبيشا أو سرسبة في باطن الخطوط .

جدول (11-7): أسمدة النحاس

| السماد | التركيب الكيميائى | % للنحاس |
|---|---|---|
| أسمدة النحاس المعدنية | | |
| كبريتات النحاس أحادية التأدرت | $Cu\ SO_4\ H_2\ O$ | 35 |
| كبريتات النحاس خماسية التأدرت | $Cu\ SO_4\ 5H_2\ O$ | 25 |
| فوسفات الأمونيوم النحاسى | $Cu\ (NH_4)\ PO_4\ H_2O$ | 32 |
| أكسيد النحاسوز | $Cu_2\ O$ | 89 |
| أكسيد النحاسيك | $Cu\ O$ | 75 |
| كلوريد النحاس | $Cu\ Cl_2$ | 17 |
| أسمدة النحاس المخلبية | | |
| نحاس مخلبى مع EDTA | $Na_2$ Cu EDTA | 31 |
| نحاس مخلبى مع HEDTA | $Na_2$ Cu HEDTA | 9 |

جدول (11-8): المعدلات التقريبية لتسميد بعض الحاصلات بالنحاسوطريقة الإضافة

| المحصول | مصدر النحاس | معدل الإضافة كجم نحاس /فدان | طريقة الإضافة |
|---|---|---|---|
| الخضراوات | كبريتات النحاس | 0.5-5 | سرسبة أو نثر |
| | نحاس مخلبى | 0.2-0.4 | سرسبة أو نثر |
| الموالح | كبريتات نحاس | 90g / 100 litre water | رش (سنويا) |
| القمح والأرز | كبريتات النحاس | 0.5-2 | نثر أو سرسبة |
| | نحاس مخلبى | 0.1-0.5 | سرسبة |
| | نحاس مخلبى | 0.75g/100 litre water | رش |
| الذرة | كبريتات النحاس | 2-7 | نثر أو سرسبة |
| فول الصويا | كبريتات النحاس | 1-2 | نثر أو سرسبة |

# المنجنيز Manganese

يوجد المنجنيز في صخور القشرة الأرضية ويلى الحديد من حيث نسبته في الصخور النارية والرسوبية ويتراوح تركيزة من 900-10 ملليجرام /كيلو جرام .

**مصادر المنجنيز في التربة**

١- المعادن الأولية :

- أوليفين Olivine .
- أوجيت Augite .
- جارنت garnet .
- بيوتيت Biotite .
- هورنبلنذ Hornblende .

٢- المعادن الثانوية :

- بيرليوسيت Pyrlusite $Mn\ O_2$ .
- مانجانيت Manganite $Mn_2\ O_3\ .\ Mn\ O_2\ (OH)$ .
- هايسومانيت Hausmannite $Mn_3\ O_4$ .

**الصورة الكيميائية للمنجنيز في التربة**

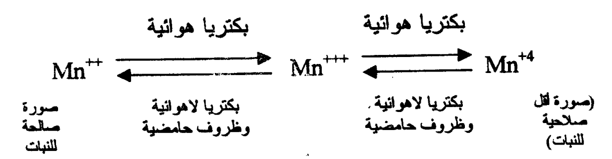
يوجد المنجنيز في عدة صور مختلفة التكافؤ وذلك على حسب حالة التهوية والأتزان والنشاط الميكروبى ومحتوى التربة من المادة العضوية والرقم الهيدروجينى :-

١- يوجد المنجنيز في الصورة ثنائية التكافؤ $Mn^{++}$ في المحلول الأرضى أو في صورة متبادلة ، أو غير متبادلة داخل التركيب البلورى للمعادن الأولية والثانوية .

٢- يوجد في الصورة ثلاثية التكافؤ $Mn^{+++}$ مثل $Mn(OH)_3$ و $Mn_2O_3$ . $H_2O$

٣- يوجد في الصورة رباعية التكافؤ $Mn^{+4}$ مثل $MnO_2$ .

وجميع هذه الصور ليست منفصله عن بعضها بل دائمة التحول من صورة إلى أخرى تبعا للظروف السابق ذكرها ، فمثلا تستطيع البكتريا الهوائية أن تؤكسد المنجنيز الثنائى إلى منجنيز رباعى ، بينما تستطع البكتريا غير الهوائية إختزال المنجنيز من الصورة الرباعية إلى الصورة الثلاثية وإلى الصورة الثنائية وأيضا تختزل أكاسيد المنجنيز في الوسط الحامضى وبفعل المادة العضوية كما يلى :




وعند إضافة المنجنيز في صورة كبريتات المنجنيز $MnSO_4$ الذائبة إلى التربة تتحول مباشرة إلى صورة غير ذائبة لأمتصاص جزء منها على سطوح الغرويات ، أما الجزء الأكبر منها فيتأكسد إلى صورة اكثر تعقيدا ولا يستخلص بمحلول خلات الأمونيوم ، كما أن ارتفاع الرقم الهيدروجينى يساعد على عملية الأكسدة وتتكون الصورة الأكثر تعقيدا والأقل صلاحية للأمتصاص بواسطة النباتات . هذا وقد تؤدى سيادة الظروف الحامضية في بعض الأحيان ، إلى زيادة المنجنيز الذائب وحدوث تسمم للنبات نتيجة لزيادة المنجنيز أو ظهور الأصفرار الناتج عن نقص الحديد كما أشرنا سابقا .

وأوضحت بعض الدراسات أن الكالسيوم قد ينافس المنجنيز في تغذية

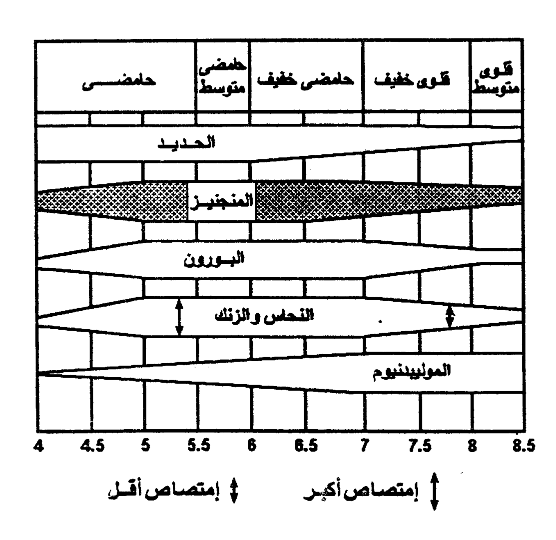
النبات ، وأيضا عند زيادة الحديد ، يلاحظ ظهور أعراض نقص المنجنيز على النباتات .

**تفاعلات المنجنيز في التربة**

تؤثر الظروف السائدة في التربة على صور المنجنيز تبعا لحالة التربة وإضافة أسمدة العناصر الغذائية الأخرى كما يلي :

١- الرقم الهيدروجيني للتربة

إنخفاض الرقم الهيدروجيني للتربة يؤدى إلى تكوين الصورة الثنائية للمنجنيز $Mn^{++}$ وكلما كانت حالة الأكسدة للمنجنيز منخفضة كلما زات صلاحيتة للنبات .




**شكل (11-12): يوضح تأثير الرقم الهيدروجينى للتربة على صلاحية المنجنيز للامتصاص بواسطة النباتات**

٢- عند إضافة الكبريت للتربة

فإنه يتأكسد بفعل الميكروبات ويتكون أكاسيد الكبريت وفى وجود الرطوبة الأرضية يتكون حامض الكبريتيك $H_2SO_4$ وهذا يؤدى إلى زيادة تركيز أيونات الهيدروجين التى تعمل على ذوبان مركبات المنجنيز وظهور أيون المنجنيز الثنائى $Mn^{+2}$ في المحلول الأرضى .

٣- عند سيادة الظروف الهوائية

والتى تؤدى إلى زيادة ضغط الأكسجين في الهواء الأرضىبتأكسد $Mn^{++}$ إلى الصورة الثلاثية $Mn^{+3}$ والصورة الرباعية $Mn^{+4}$ ويحدث العكس عند انخفاض ضغط الأكسجين وزيادة ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون $CO_2$ ، فيتكون الصورة الثنائية للمنجنيز .

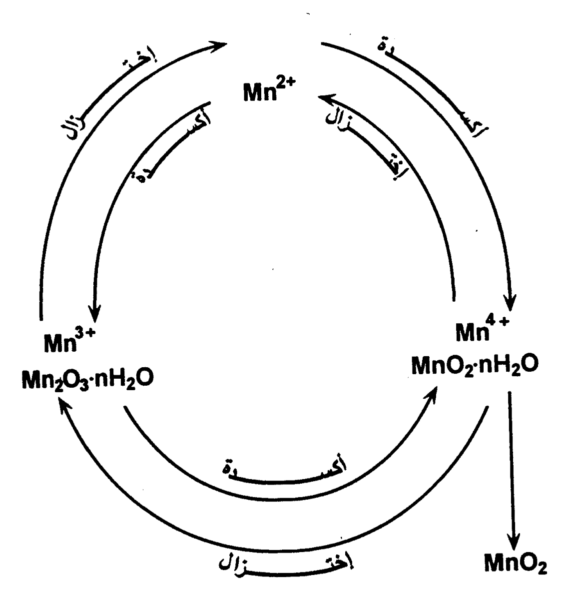
٤- عند مدى pH في التربة

يتروواح من 6.0-7.8 تقوم الكائنات الحية الدقيقة في التربة باكسدة $Mn^{+2}$ إلى $Mn^{+3}$و $Mn^{+4}$ .

٥- الأحماض العضوية التى يفرزها جذر النبات

مثل الستريك والأوكساليك والترتريك وتختزل الصورة الرباعية والثلاثية للمنجنيز إلى الصورة الثنائية له .

مما سبق نجد أن أيونات المنجنيز المختلفة حالات الكسدة تسلك مسلكا معينا تبعا لحالات الأكسدةوتتحول من صورة لآخرى على حسب الظروف السائدة بالتربة . ويمكن التعبير عن ذلك بدورة المنجنيز في التربة (شكل 13-11) .




شكل (11-13): دورة المنجنيز في التربة

## دور المنجنيز في النبات

عند نقص المنجنيز الصالح في التربة فإن أعراض نقصه تظهر على النباتات النامية بها وترجع أهمية المنجنيز للنبات إلى أنه :

- ضرورى لتكوين الكلورفيل ولا يدخل في تركيبة .
- يلعب دورا هاما في نشاط بعض التفاعلات الحيوية التى تقوم بها الأنزيمات .

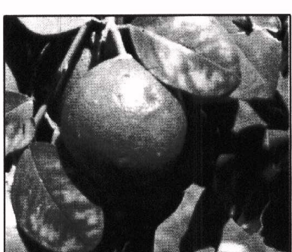
- يؤدى إلى زيادة نشاط إنزيمات الكتاليز والبيروكسيديز وزيادة قدرة النبات على تمثيل النترات .



نقص المنجنيز
في الطماطم



نقص المنجنيز
في الفاصوليا



نقص المنجنيز
في الموالح

شكل (11-14): أعراض نقص المنجنيز على بعض الحاصلات المختلفة

**أعراض نقص المنجنيز على النباتات**

عند بداية نقص المنجنيز تبقى العروق خضراء ويتحول لون نصل الورقة إلى اللون الأخضر المصفر وتبدو الورقة كما لو كانت منقطة ببقع صفراء وتتحول إلى اللون البنى وذلك بزيادة شدة النقص . وقد تظهر على الأوراق والسيقان بقع بنية غامقة . وتبدو الأوراق متهدلة وتموت منطقة النمو.

وفى الحالات المتقدمة تتحول الأوراق إلى اللون البنى ويقل عقد الثمار في النباتات التى تعانى من هذا النقص .

**حساسية النباتات لنقص المنجنيز**

تعانى أنواع النباتات المختلفة من نقص المنجنيز بدرجات متفاوتة كما يلى:-

١- نباتات عالية الحساسية لنقص المنجنيز وتستجيب بشدة للتسميد بأسمدة المنجنيز : (الموالح – الخس – الفول – البصل – الخوخ – البسلة – فول الصويا – الفجل – السبانخ – بنجر المائدة – القمح – حشيشة السودان).

٢- نباتات متوسطة الحساسية لنقص المنجنيز : (الكرنب – الجزر – الذرة – الخيار – بنجر السكر – الدخن – البرسيم الحجازى) .

٣- نباتات ذات حساسية منخفضة لنقص المنجنيز : (الاسبرجس – القطن) .

**التسميد بالمنجنيز**

أراضى الوادى وأراضى الدلتا لا تعانى من نقص المنجنيز الصالح ولكن الأراضى الجيرية والحديثة الاستصلاح وأيضا معظم أراضى البلاد العربية بدأت تعانى من نقص المنجنيز الصالح للنبات . والتسميد بالأسمدة المعدنية للمنجنيز بصفة عامة لا تعطى نتائج معنوية في زيادة المحصول ويفصل

إضافة الصورة المخلبية للمنجنيز عن الصورة المعدنية كما يفضل طريقة الرش عن الإضافات الأرضية سواء نثر أو تكبيشا .

جدول (11-9): أسمدة المنجنيز

| اسم السماد | التركيب الكيميائى | % المنجنيز |
|---|---|---|
| **الأسمدة المعدنية للمنجنيز** | | |
| كبريتات المنجنيز | $Mn\,SO_4 - 4H_2O$ | 24 |
| كبريتات المنجنيز أحادى التأدرت | $Mn\,SO_4 . H_2O$ | 32 |
| كلوريد المنجنيز | $Mn\,Cl_2$ | 17 |
| أكسيد المنجنيز | Mn O | 48 |
| **الأسمدة العضوية (المخلبية) للمنجنيز** | | |
| منجنيز مخلبي | Mn EDTA | 13 |

جدول (11-10): المعدلات التقريبية لإضافة أسمدة المنجنيز لبعض النبات وطريقة إضافتها :

| المحصول | السماد | معدل الإضافة كجم منجنيز /فدان | طريقة الإضافة |
|---|---|---|---|
| الذرة | كبريتات المنجنيز<br>منجنيز مخلبى | 8-32<br>0.5-1 / 100 لتر ماء | نثر أو سرسبة<br>رش |
| بنجر السكر | كبريتات المنجنيز<br>منجنيز مخلبى | 10-40<br>50-250 جم / 100 لتر ماء | نثرا<br>رش |
| البصل | كبريتات المنجنيز | 20-35 | نثرا |
| الموالح | كبريتات المنجنيز | 0.1-2 كجم / 100 لتر ماء | رش |
| الخضراوات | كبريتات المنجنيز | 4-5 | سرسبة |
| فول الصويا | كبريتات المنجنيز | 7-30 | نثر |
| البطاطس | كبريتات المنجنيز | 4-7 | سرسبة |

## البورون Boron

يتواجدالبورون بكميات صغيرة جدا في الطبقة السطحية المجواه من القشرة الأرضية وبكميات تتراوح من 25-205 كجم/ هكتار لعمق 5 أسم ولو أنه في بعض المناطق يوجد في صورة تجمعات يتم استخراج البورون منها. كما أن ماء البحر يحتوى على حوالى 0.1% من جملة املاحه في صورة بورات $B_2O_3$ .

**مصادر البورون في الأراضى**

المصادر المعدنية للبورون :

- بورات الكالسيوم والصوديوم (بوراكس Borax ) $Na_2Ca(B_4O_7)_2 \cdot 10H_2O$.
- أكسيد البورون $B_2O_3$ .
- معدن التورمالين سيليكات الألومنيوم والحديد والمغنسيوم والبورات Tourmaline .
- في الصخور النارية والحجر الجيرى .

وتختلف الطبقة السطحية من القسرة الأرضية في محتواه من البورون وذلك على حسب منشأها كما يوضحها الجدول التالى :

| التربة التى نشأت من | كمية البورون مللجرام/كجم |
|---|---|
| صخر الجرانيت | 1-6 |
| صخر البازلت | 1-2 |
| رواسب بحيرية | 300 |

**كمية البورون في الأراضى**

تركيز البورون في المناطق الجافة وشبه الجافة بصفة عامة أعلى منه في

المناطق ذات المناخ الرطب حيث يفقد البورون بسهولة من التربة . أما المناطق المتأثرة بالبحار فيكون تركيز البورون بها مرتفع حيث يصل تركيزة في ماء البحر إلى 4.7 ملليجرام/لتر وقد يصل تركيز البورون في الرواسب البحرية إلى 300 ملليجرام/كيلو جرام .

**العوامل التى تؤثر على صلاحية البورون للنبات**

عنصر البورون من العناصر غير المتحركة داخل النبات وعلى ذلك فإن الكمية الموجودة داخل النبات لا تدخل كلها في العمليات الحيوية . ولذلك يجب الاستمرار في إمداد النبات بعنصر البورون طول فترة حياتة والصورة الصالحة من البورون للنبات هى البورون الذائب في الماء وهذه الصورة تتراوح بين 0.1-3.0 ملليجرام /كيلو جرام . الأراضى المتكونة تحت ظروف المناخ الجاف تحتوى على كميات عالية من البورون أكثر من الأراضى الموجودة في ظل المناخ الرطب .

تتأثر الكمية الصالحة من البورون بالعوامل التالية .

١- قوام التربة .

القوام الرملى الخشن يؤدى إلى ظهور أعراض نقص البورون على النباتات النامية في هذه التربة لانخفاض محتواها من البورون الصالح للنبات.

٢- المناخ السائد في المنطقة

بصفة عامة تظهر أعراض نقص البورون في أراضى المناطق ذات الأمطار الغزيرة أكثر من الأراضى الموجودة في المناطق الجافة حيث يحدث غسيل للبورون الصالح لأسفل القطاع .

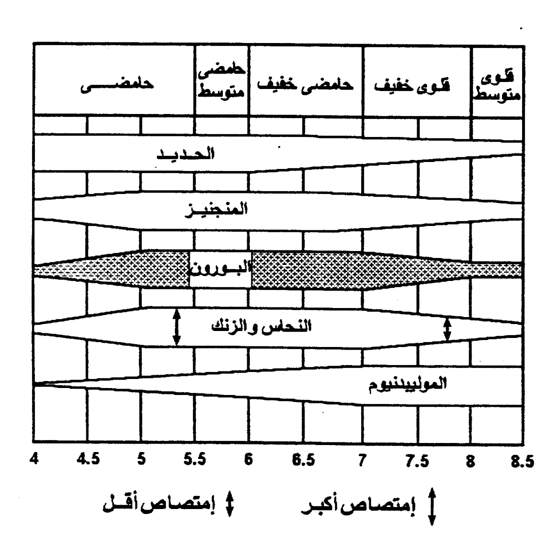
٣- محتوى التربة من المادة العضوية

ترتبط أيونات البورات بدبال التربة الذى يمنع فقدها وغسيلها من التربة

وبذلك يتركز البورون الصالح في الطبقة السطحية من القطاع الأراضى .

٤- الرقم الهيدروجينى للتربة

تقل كمية البورون الصالح في التربة بزيادة الرقم الهيدروجينى للتربة عن 7 لذلك فإن الأراضى الغنية في كربونات الكالسيوم تعانى من نقص كمية البورون الصالح للنبات (شكل 11-14) .




**شكل (11-14): تأثير الرقم الهيدروجينى للتربة على البورون الصالح للامتصاص بواسطة النبات**

٥- رطوبة التربة

الظروف الرطبة تساعد على زيادة صلاحية البورون للنبات . بينما الظروف الجافة تساعد على تثبيت البورون وتحويله إلى صورة غير صالحة للنبات .

٦- نوعية العناصر الأخرى السائدة في المحلول الأراضى

الأراضى التى يسود بها كاتيون الكالسيوم $Ca^{++}$ ينخفض بها البورون الصالح للنبات نتيجة لدخول أيونات الكالسيوم في علاقة تضاد مع أيونات البورات . وعلى ذلك تعمل زيادة الكالسيوم في التربة على منع السمية بالبورون وذلك في الأراضى ذات المحتوى المرتفع من البورون الصالح أو الميسر وبصفة عامة يمكن حصر الأراضى التى يحدث بها نقص البورون الميسر للنباتات النامية بها كما يلى :

- **الأراضى التى يحدث بها نقص البورون**
  - الأراضى الحامضية والخفيفة القوام .
  - الأراضى الفقيرة في المادة العضوية
  - الأراضى التى تكونت من صخور نارية حامضية أو المتكونة بفعل ترسيبى من مياه غير مالحة .
- **الأراضى التى يحدث بها تسمم بالبورون**
  - أراضى المناطق الجافة .
  - أراضى نشأت من مادة اصل غنية من البورون .
  - الأراضى التى نشأت من أصل بحرى ، أو رواسب بحيرية وبحرية .

- **الممارسات الزراعية التى تؤدى إلى ظهور أعراض تسمم بالبورون**

لما كان البورون من العناصر الغذائية ذات التأثير النوعى الخاص فإن زيادته في التربة زيادة طفيفة يكون لها تأثير سام على النباتات النامية فيها وتؤدى العمليات التالية إلى ظهور أعراض تسمم بالبورون على النباتات النامية:

١- الرى بماء يحتوى على كميات عالية من البورون (أكبر من 0.5 ملليجرام/لتر) .

٢- استخدام أسمدة بوتاسية تحتوى على نسبة عالية من البورون .

٣- إضافة أملاح البورون في الأسمدة بكميات أكبر من حاجة النبات ولعلاج التسمم الناتج عن زيادة البورون الصالح للنبات يجب إتباع ما يلى :

- غسيل الأملاح بمياه رى جيدة الخصائص الكيميائية حيث أن زيادة البورون مصاحب لزيادة الأملاح في التربة.
- عدم استعمال ماء رى يحتوى على كميات عالية من البورون .
- إضافة نترات الكالسيوم للتربة .

**دور البورون في تغذية النبات**

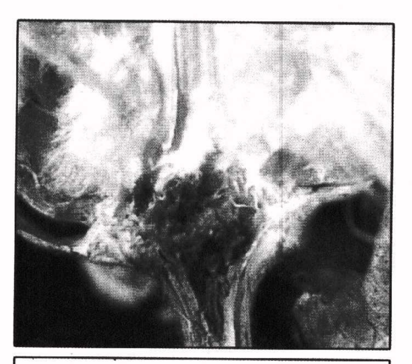
- له دور هام في تخليق الاحماض النووية
- عند نقص البورون تموت الخلايا الميرستيمية في النبات .
- له علاقة بتركيب الجدر الخلوية .

هذا ويوجد بعض الحاصلات التى تتعرض لنقص البورون في الأراضى المصرية وخاصة في بعض مناطق الاستصلاح الحديثة حيث توجد الأراضى الرملية الغنية بكربونات الكالسيوم وماء الرى المتاح والمستخدم هو مياه آبار

جوفية فقيرة في عنصر البورون الصالح (أقل من 0.01 ملليجرام/لتر) ومن أمثله النباتات التى تعانى من نقص البورون نبات بنجر السكر حيث تكون قاعدة نصل الأوراق الحديثة غير كاملة النمو وقصيرة .

وتظهر بقع صفراء على الأوراق تؤدى إلى موت الأوراق على أنصال الأوراق تتكون بقع رمادية بنية يخرج منها عصير لزج أسود وتتجمع الأوراق الحديثة على شكل وردة وفى حالة النقص الشديد تجف السيقان والأوراق ويستمر الجفاف ليصل إلى القمة النامية وقد يحدث تعفن لقلب النبات .

ويعتبر البورون من العناصر الغذائية ذات التأثير النوعى الخاص حيث أن وجودة هام لتغذية النبات ولكن إذا زاد تركيزة زيادة طفيفة جدا فإن ذلك يؤدى إلى تسمم النبات من البورون .



**نقص البورون**
**فى القطن**



**نقص البورون فى**
**بنجر السكر**

شكل (11-15): أعراض نقص البورون على بنجر السكر والقطن

**مقاومة النباتات للبورون Relative Tolerance of Boron**

تختلف النباتات فيما بينها من حيث تحملها للتركيزات المختلفة من البورون وتقسم النباتات من حيث تحملها لزيادة التركيز من البورون تبعا لنوع المحصول إلى (الجدول 11-11) :

- نباتات مقاومة للبورون وتتحمل تركيز من 2-4 جزء في المليون بورون .
- نباتات نصف مقاومة للبورون وتتحمل تركيز من 1-2 جزء في المليون بورون .
- نباتات حساسة للبورون تتحمل تركيز أقل من 1 جزء في المليون بورون .

جدول (11-11): تقسيم النباتات تبعا لدرجة تحملها للبورون

| نباتات مقاومة | نباتات نصف مقاومة | نباتات حساسة |
|---|---|---|
| 4 جزء في المليون | 2 جزء في المليون | 1.0جزء في المليون |
| النخيل | عباد الشمس | البيكان |
| بنجر السكر | البطاطس | الفاصوليا |
| البرسيم الحجازى | القطن | البرقوق |
| البصل | الطماطم | الكمثرى |
| الكرنب | الزيتون | التفاح |
| الخس | الشعير | العنب |
| الجزر | القمح | الخوخ |
| 2 جزء في المليون | 1.0 جزء في المليون | 0.3 جزء في المليون |

**علاج نقص البورون**

تضاف الأسمدة التالية للمحاصيل المختلفةعند وجود نقص البورون الصالح .

| السماد | التركيب الكيميائى | % للبورون |
|---|---|---|
| البوراكس Borax | $Na_2 B_4 O_7 . 10 H_2O$ | 11 |
| بورات الصوديوم Sadium tetra borate | $Na_2 B_4 O_7 . 5 H_2O$ | 15 |
| حامض البوريك Boric acid | $H_3 BO_3$ | 17 |
| أكسيد البورون Boron oxid | $B_2 O_3$ | 31 |

ويوضح الجدول التالى بعض التوصيات التقريبية لمعدلات إضافة البورون لبعض الحاصلات وطريقة الأضافة .

| المحصول | السماد | معدل الإضافة | طريقة الإضافة |
|---|---|---|---|
| الموالح | بلورات البوتاسيوم | 15-10 جم/شجرة | نثرا |
| بنجر السكر | بورات البوتاسيوم | 0.2-0.1 كجم/فدان | نثرا |
| فول الصويا | البوراكس | 0.5-0.2 كجم /فدان | نثرا |
| البرسيم الحجازى | حامض البوريك | 0.2-0.05 كجم/فدان | نثرا |
| القطن | بورات البوتاسيوم | 0.3-0.1 كجم/ فدان | سرسبة |

## الموليدينـــوم Molybdenum

عنصر الموليدينوم من العناصر الغذائية الصغرى التي يحتاجها النبات بكميات صغيرة ويوجد الموليدينوم في القشرة الأرضية عادة في صورة معدن .

- الموليدنيت Molybdenite

وحالة الأكسدة للموليبدنيوم هى حالة أكسدة (+6) وأكسيد الموليدينوم ذو تأثير حامضى ويذوب في القواعد ومن أهم النواتج أنيون الموليبدات $Mo\ O_4^=$ وهى الصورة الصالحة التى يمتص عليها النبـــات أنيـــون الموليدينوم وتـــشبة كيمياء الموليدينوم في التربة كيمياء الكبريتات فيها حيث من الممكـــن أن يحـــل أنيون الموليبدات محل أنيون الكبريتات في بعض المعادن الأولية بمكيكانيكيـــة الأحلال المتماثل وبصفة عامة فإن محتوى التربة من الموليدينوم تترلوح من 0.1 إلى 50 ملليجرام /كيلو جرام . قد ينتج عن زيادة تركيز الموليدينوم في التربـــة زيادة تركيزة في النباتات النامية فيها وخاصة نباتات المراعى التى قد يـــصل فيها تركيز ا الموليدينوم إلى 150 ملليجرام /كيلو جرام . وهذا التركيز المرتفـــع من الموليدينوم في نباتات المراعى يكون له تأثير ضار على الحيوانـــات التـــي تتغذى على هذه النباتات .

**مصادر الموليدينوم في التربة**

**المصادر المعدنية للموليبدنوم**

- فيرو موليدنيت Ferromolybdinite $Fe\ Mo\ O_4$
- بووليت Powellite Ca Mo O

**الصورة الكيميائية للموليدنوم في التربة**

- الصورة الذائبة في الماء .

- الصورة الأنيونية المدمصة على المركبات الغروية .
- الصورة غير القابلة للذوبان داخل التركيب البلورى للمعادن .

١- الصورة المتحدة مع المادة العضوية .

ويحدث تفاعلات تثبيت لأنيون الموليبدات في المواد الغروية في الأراضى الحامضية وينتج عن ذلك نقص في كمية المولبدينوم الميسر للنبات النامية في هذه التربة ويمكن علاج هذا النقص في المولبيدينوم الميسر للنبات بإضافة كربونات الكالسيوم لعلاج حموضة التربة في هذه المناطق وذلك يساعد على علاج نقص المولبيدينوم لهذه النباتات والموليبدينوم يعتبر من العناصر الغذائية الصغرى التى يزداد دوبانه وصلاحيته بزيادة الرقم الهيدروجينى للتربة وبالتالى فهو العنصر الغذائى الوحيد الذى تزاد صلاحيته مع زيادة الرقم الهيدروجينى للتربة .

- **العوامل التى تؤثر على صلاحية الموليبدينوم للنبات**

١- الرقم الهيدروجينى للتربة

كما ذكرنا سابقا أن الموليبدينوم هو العنصر الغذائى الوحيد بين العناصر الغذائية الصغرى الذى يزداد ذوبانه وبالتالى صلاحيته للنبات وذلك بزيادة الرقم الهيدروجينى للتربة . بينما يقل ذوبانه وبالتالى صلاحيتة وذلك بإنخفاض الرقم الهيدروجينى للتربة عن 6 فمثلا في الأراضى الحامضية يحدث للموليبدينوم ما يلى :

١- يدخل الموليبدينوم داخل التركيب البللورى لآكاسيد الحديد والألومنيوم .

٢- يدخل في تفاعلات امتصاص على سطوح أكاسيد الحديد والألومنيوم الموجودة فلى التربة .

٣- يدخل في تفاعل كيميائى مع الحديد مكونا موليبدات الحديد شحيحة

الذوبان جدا في المحلول الأراضى .

٤- الموليبدات الذائبة في المحلول الأراضى يكون تركيزها منخفض جدا .

ويوضح الشكل (16-11) تأثير الرقم الهيدروجينى على مقدار الموليبدنيوم الصالح للنبات .

حامضـــى
حامضى متوسط
حامضى خفيف
قلوى خفيف
قلوى متوسط
الحـديـد
المنجنيـز
البورون
النحاس والزنك
الموليبدنيوم
4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 7.5 8 8.5

**شكل (16-11): تأثير الرقم الهيدروجينى للتربة على مقدار الموليبدينوم الصالح لامتصاص النبات.**

٢- تفاعلات العناصر الأخرى مع الموليبدينوم

الأراضى الغنية في اكاسيد الحديد الحر $Fe_2O_3$ والألمونيوم $Al_2O_3$ تعانى من نقص الموليبدينوم الصالح للنبات وأيضا عند تسميد التربة بأسمدة الكبريتات أو الكبريت فإن ذلك يعمل على تقليل الموليبدينوم الصالح . بينما تسميد التربة بالأسمدة الفوسفاتية فإن ذلك يعمل على زيادة صلاحية الموليبدات للنبات .

ترتبط الاحماض العضوية الناتجة من تحلل المادة العضوية مع أيون المولبيدات وتكون معقداً ذائبا صالح للامتصاص بواسطة النبات وبذلك تحافظ على أيون المولبيدات من أن يثبت في التربة وإضافة المادة العضوية للتربة تزيد من صلاحية أيون المولبيدات الصالح للنبات .

٢- قوام التربة

يفقد أنيون المولبيدات بسهولة في الأراضى الرملية ذات القوام الخفيــف أكثر من الأراضى الطينية ثقيلة القوام وبالتالى ينعكس أثر ذلك علـــى النبـــات النامى بالتربة .

٣- محتوى التربة من الرطوبة

زيادة الرطوبة الأرضية تعمل على زيادة صلاحية الموليبدنيوم للنبـــات وبصفة عامة فإن تركيز أنيون المولبيدات في المحلول الأرضى يتراوح بـــين $2 \times 10^{-8} - 8 \times 10^{-8}$ مول/لتر .

## دور الموليبدينوم في النبات

- يلعب دور هاما في عملية اختزال النترات
- له يزيد نشاط بعض الانزيمات وخاصة أنزيم البيروكسيديز .
- يؤدى نقص الموليبدنيوم إلى نقص في تركيز الأحماض الأمينيـــة فـــي النبات حيث تتجمع النترات بأعناق الأوراق وجذور الثمار .
- يدخل في تركيب بعض الانزيمات وخاصة الموجودة في العقد الجذرية المثبتة للنيتروجين الجوى . ولما كان الموليبدينوم يدخل في ميتابولزم النيتروجين وبالتالى فإن أعراض نقصه تنعكس على النباتات وتـــصبح

شاحبة اللون وقد يظهر بعض البقع الصفراء على الثمار وأوراق أشجار الموالح وتعتبر الموالح والطماطم والخوخ والخس والقرنبيط والبقوليات من النباتات الحساسة لنقص الملوليبدينوم .

- **أنواع الأراضى التى يحدث بها نقص الموليبدينوم**

١- الأراضى الغنية بمعادن الحديد والالمونيوم .

٢- الأراضى الحامضية حيث يكون أنيون الموليبدات بتركيزات صغيرة وأيضاً في صورة غير صالحة للنبات .

٣- الأراضى الغنية في الكبريتات .

٤- الأراضى التى تحتوى على كميات كبيرة نسبيا من المنجنيز .

٥- الأراضى الفقيرة في المادة العضوية .

وعلى العكس من ذلك فإن هناك بعض الأراضى الغنية بالموليبدينوم وينعكس ذلك على تسمم النباتات النامية فيها .

- **الأراضى التى يحدث بها تسمم بالمولوليبدينوم**

١- الأراضى ذات الرقم الهيدروجينى القلوى .

٢- الأراضى الغنية في المادة العضوية .

٣- التسميد باسمدة مضاف إليها الموليبدينوم بكميات كبيرة .

٤- الأراضى الغنية في كربونات الكالسيوم أو إضافة كربونات الكالسيوم بكمية كبيرة للتربة .

٥- الأراضى رديئة الصرف وإرتفاع مستوى الماء الأرضى .

ومعظم الأراضى وخاصة الأراضى المصرية واراضى البلاد العربية الواقعة في المناطق الجافة وشبه الجافة لا تعانى من نقص الموليبدنيوم الصالح

للنبات وكمية في التربة كافية بينما الأراضى في المناطق غزيرة الأمطار والتى في نطاق الأراضى الحامضية ذات الرقم الهيدروجينى المنخفض وتعانى النباتات النامية بها من نقص عنصر الموليبدينوم وتحتاج إلى التسميد بالأسمدة الغنية في الموليبدينوم (جدول 11-12) .

جدول (11-12): أسمدة الموليبدنيوم

| اسم السماد | التركيب الكيميائى | %للموليبدنيوم |
|---|---|---|
| ثالث أكسيد الموليبدات | $Mo\,O_3$ | 66 |
| موليبدات الصوديوم | $Na\,Mo\,O_4 \,.\, 2H_2\,O$ | 39 |
| موليبدات الأمونيوم | $(NH_4)_6\,Mo_7\,O_4 \,.\, 4H_2O$ | 54 |
| موليبدات الكالسيوم | $Ca\,Mo\,O_4$ | 48 |

## الكلوريد Chloride

تأخر معرفة كون الكلوريد من العناصر الغذائية الصغرى إلى أوائل النصف الثانى من القرن الماضى حيث أتضح أهميتة للنباتات النامية وذلك يرجع إلى الأنتشار الواسع للكلوريد وأملاحه في البيئة وصعوبة تنقيه الأملاح الأخرى منه وتلوث الكثير من الاملاح المستعمله في تجارب تغذية النبات به .

وأوضحت عدة دراسات أمكان احلال عنصر البروم محل الكلوريد جزئيا في تغذية النبات وحتى في وجود كمية كافية من أملاح البروم فإن النبات لا يمكن أن يستغنى كليا عن الكلوريد .

ويوجد الكلوريد بكميات كبيرة في ماء المحيطات والبحار والملاحات وفى صخور القشرة الأرضية ويوجد دائما مرتبطا مع كاتيونات $Ca^{++}$ , $Mg$ , $K^{+}$ , $Na^{+}$ . ويعتبر الكلوريد $Cl^{-}$ من الأيونات المتحركة في التربة وذلك نتيجة ذوبانة الشديد وبذلك فإنه اسهل الأيونات في الفقد بالغسيل من القطاع الأراضى .

والكلوريد هو العنصر الغذائى الوحيد الذى لا يدخل في عمليات التثبيت في المواد الغرويات الموجودة في التربة . وأوضحت ابحاث تغذية النبات أن عند زيادة تركيز الكلوريد في المحلول الأراضى فإن أثر ذلك ينعكس على امتصاص أنيونات الفوسفات والكبريتات حيث يقل امتصاصهما بواسطة النبات. ويدخل أيضا أنيون الكلوريد $Cl$ في تنافس مع أنيونات $NO_3^-$ في الامتصاص بواسطة الشعيرات الجذرية ويتراكم داخل السيتوبلازم كما يمكن أيضا للكلوريد أن يمتص في صورة غاز الكلور عن طريق إجزاء النبات الهوائية وذلك بالطبع يؤثر على نسبة الأحماض الامينية وتكوين البروتين داخل أجزاء النبات.

- **أهمية الكلوريد للنبات**

  - الكلوريد له دور في عملية التمثيل الضوئى داخل النبات .
  - له دور في تنشيط العديد من الانزيمات .
  - معادلة الكاتيونات القاعدية مثل $K^{+}, NH_{4}^{+}, Ca^{++}, Mg^{++}$ .
  - مقاومة النبات للعديد من الأمراض .

ويعتبر الكلوريد من أكثر العناصر التى تتواجد في بيئة النبات . الأراضى المصرية وأراضى البلاد العربية لم تسجل حتى الأن أى مظاهر لنقص الكلوريد ولكن على العكس من ذلك فإن المشاكل تتعلق بزيادة تركيزة والذى قد يؤدى إلى سمية للنبات وتختلف النباتات فيما بينها في تحمل السمية الناتجة من زيادة تركيز الكلوريد في بيئة نموها فمثلا نجد أن النباتات البقولية والخوخ والبطاطس والخس والدخان من النباتات الحساسة جدا لتحمل الزيادة في تركيز الكلوريد في بيئة نموها بينما توجد بعض الاصناف من العنب والموالح التى يمكنها تحمل تركيزات عالية من الكلوريد تصل إلى حوالى 50 ملليمكافئ /لتر . أما بنجر السكر فيمكنة ان يتحمل تركيز يصل إلى حوالى 100 ملليمكافئ /لتر من الكلوريد ومن المظاهر الفسيولوجية التى تظهر على النباتات نتيجة زيادة تركيزة إلى درجة السمية في البيئة النامى فيها النباتات هى احتراق أطراف الأوراق وظهور اللون البرونزى على الأوراق وانخفاض جودة الثمار الناتجة ويمكن تجنب ذلك الأثر السئ للكلوريد نسبيا عن طريق التسميد البوتاسى بسماد كبريتات البوتاسيوم .

## الصوديوم Sodium

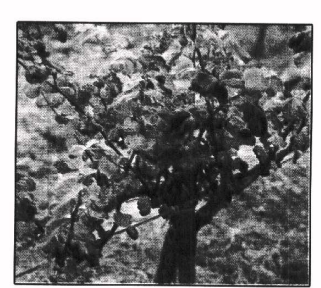
دار كثيرا من الجدل بين العلماء والدراسات المختلفة على هذا العنصر هل هو من العناصر الغذائية أم لا في القرن التاسع عشر والقرن العشرين . وأخيرا في عام 1957 أنضم الصوديوم إلى مجموعة العناصر الغذائية الضرورية للنبات . ويرَجع الجدول الشديد حول عنصر الصووديوم إلى أنه يمكن أن يحل جزئيا محل البوتاسيوم في بعض النباتات مثل القطن وبعض نباتات الحبوب وبنجر السكر والجزر ويرى البعض أن دور الصوديوم كعامل يؤدى إلى تحرير البوتاسيوم من المعادن والرواسب الموجودة في التربة حتى يستطيع النباتات امتصاصه أو تحريره منت أجزاء من النبات فيستطيع النبات نقله للبوتاسيوم إلى أجزاء أخرى منه في حاجة إلى البوتاسيوم كذلك يساعد النباتات على مقاومة الجفاف والذبول وذلك يرجع إلى سعته العالية على امتصاص الرطوبة من الهواء الجوى . أما في المناطق التى نقل فيها درجة الحرارة إلى أقل من -4م° ، فإن وجود الصوديوم يعمل على عدم تجمد محتويات الخلية من الماء وبالتالى يمنع تلفها وتمزيقها وذلك عن طريق خفض درجة حرارة التجمد للمحتوى المائى للخلية . أيضا فإن الصوديوم يعمل على المحافظة على التوازن الأيونى للمحلول الأرضى ولذلك أتفق الباحثون على أن الصوديوم ضرورى لتغذية النبات وخاصة للطحالب الخضراء المزرقة مثل Anabena Cylindria والأتربلكس Atriplex Vesicaria . ويعتبر عنصر الصوديوم من العناصر واسعة الانتشار في القشرة الأرضية ويوجد باستمرار في النباتات والحيوانات .

## الكوبلت Cobalt

تركيز الكوبلت في الطبقة السطحية من القشرة الأرضية يتفاوت من مكان آخر على حسب الصخور السائدة في المنطقة فإذا كان الصخر السائد هو الجرانيت Granite فإن محتوى التربة الناتجة من تجويته يكون فى حدود 5 ملليجرام /كيلو جرام . أما في المناطق التى يسود بها الصخور النارية القاعدية مثل صخر سربيتن Serpentine ، وصخر دونيت Donite فإن التربة الناتجة من تحوينهما تحتوى على حوالى 200 ملليجرام/كيلو جرام وذلك يرجع إلى كمية الكوبلت مرتبطة بكمية المعادن الحديد ومغنسية .

وبصفة عامة فإن تركيز الكلوبلت في التربة يتراوح بين 1-30 ملليجرام /كيلو جرام. بينما يتراوح تركيز الكوبلت في النباتات النامية بين 0.01-0.5 ملليجرام /كيلو جرام . والكوبلت الداخل في التركيب المعدنى للبلورات غير صالح للنبات وبعد تجويته تصبح أيونات الكوبلت $Co^{2+}$ موجودة في المحلول الأرضى ومن الممكن أن توجد أيضا في صورة متبادلة وأيضا في صورة معقدات عضوية معدنية .

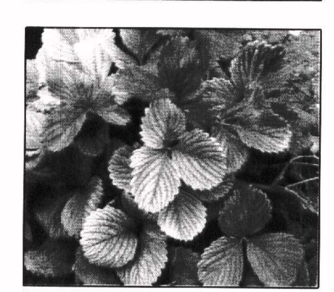
ويدخل كاتيون الكوبلت في تفاعلات تنافس مع أيونات الحديد والمنجنيز سواء في الامتصاص بواسطة الشعيرات الجذرية أو في عمليات المتيابولزم داخل النبات ويعتبر الكوبلت من العناصر الغذائية الضرورية للكائنات الدقيقة وخاصة التى تعمل على تثبيت نيتروجين الهواء الجوى بواسطة العقد الجذرية Rhizobium للنباتات البقولية . كما أنه مهم لتكوين فيتامين ب12 ($B_{12}$) الهام في العمليات الحيوية للنيتروجين في الحيوانات المجترة . وفى تنشيط النظام الحيوى في النيكليوتيدات Nucleotide ومن أهم العوامل الموجودة بالتربة وتؤثر على صلاحية الكوبلت هو الرقم الهيدروجينى للتربة حيث أن الرقم الهيدروجينى المتعادل أو الغريب منه هو أفضل رقم هيدروجينى لآمتصاص الكوبلت كما أن زيادة المنجنيز أو الحديد بالتربة يؤثر على مستوى الكوبلت الصالح للنبات .



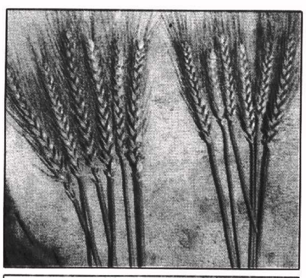
نقص الزنك/ المنجنيز/
المغنسيوم فى العنب



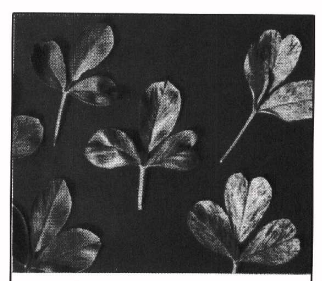
نقص الحديد/ الزنك/
المغنسيوم فى الموز



نقص الحديد والمنجنيز
فى الفراولة



نقص مستتر
فى القمح



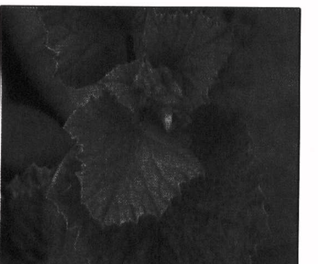
نقص مركب فى
البرسيم الحجازى



نقص مركب
فى الذرة



نقص مركب
فى الكانتالوب

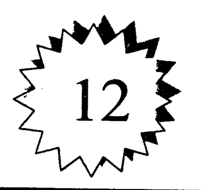


نقص مركب
فى الخيار




# تقدير خصوبة التربة

- طرق تقويم خصوبة التربة.
- اختبارات التربة.
- أهداف فحص الأراضى.
- تقويم صلاحية الفوسفور فى التربة.




# تقدير خصوبة التربة

يعتمد النبات على التربة أو ما يضاف إليها كسماد للحصول على عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت والحديد والمنجنيز والزنك واليود والنحاس والموليبديم والكلورين وبعد أن عرف المشتغلون بالعلوم الزراعية أهمية هذه العناصر عملوا على دراسة الوسائل التى تمكنهم من تقدير خصوبة التربة فيها حتى يستطيعوا نصح الزراع بإضافتها أو عدم إضافتها إلى أراضيهم ليحصلوا على أفضل إنتاج .

وموقف العناصر الغذائية فى التربة يمكن تقيمه بعده طرق كما يلى :

١- أعراض نقص العنصر فى النبات .

٢- تحليل أنسجة النباتات النامية بالتربة .

٣- تجارب التسميد الحقلية .

٤- اختبارات الصوب والقصارى .

٥- اختبارات بيولوجية .

٦- التحاليل الكيميائية السريعة للتربة .

**١- أعراض نقص العنصر فى النبات**

وفى هذه الطريقة تستخدم المظاهر المورفولوجية التى هى محصلة وناتج عديد من العوامل المؤثرة على النمو لتقييم خصوبة التربة فعادة ما ينشأ مظهر غير عادى للنبات النامى يدل على نقص عنصر أو أكثر من العناصر الغذائية وتظهر أعراض نقص مميزة لكل عنصر وتحتاج إلى خبرة كبيرة ودراسة حقلية جيدة .

**٢- تحليل أنسجة النبات**

وفى هذه الطريقة يجرى تحليل النبات كله أو جزء منه ويستخدم لهذا الغرض طرق كيميائية دقيقة ثم يقارن كميات العنصر فى النبات مع كميات قياسية فى جداول خاصة لكل نبات ولكل عنصر ثم يحدد هل محتوى النبات من العنصر فى حالة نقص أو سمية .

**٣- تجارب التسميد الحقلية**

وفى هذه التجارب يتم زراعة النبات فى الأراضى المراد اختبار خصوبتها باختبار مساحة من الأرض ممثلة لحالة الأرض المراد اختبارها ٠,٠١-٠,٢٥ فدان ثم يضاف إلى هذه المساحة العناصر السمادية التى لا تدخل فى الاختبار حتى لا يوجد أى نقص فيها يعوق الاستجابة للعنصر المختبر ثم توزع المعاملات السمادية وتحلل النتائج احصائيا .

**٤- اختبارات الصوب والقصارى**

وهذه تجرى فى الصوب وفى المعمل وتجمع بين زراعة النبات فى الصوب والتحليلات الكيميائية ويوجد منها عدة طرق نذكر منها الطرق الآتية :

أ ) طريقة نيوباور Neubaur

وفى هذه الطريقة تزرع ١٠٠ بذرة من النبات فى ١٠٠جم أرض

مخلوطة بالرمل المغسول النظيف ويضاف الماء بما يعادل ٧٠% من السعة الحقلية وبعد نمو ١٧ يوما تجمع النباتات بجذورها وتغسل فى الماء للتخلص من حبيبات التربة والرمل ثم يقدر العنصر فى النبات ولمقارنة النتائج يجب زراعة ١٠٠ بذرة أخرى فى ١٠٠جرام رمل مغسول فقط بدون أرض تطرح كمية العنصر المختبر في الشوفان أو الشعير فى قصارى تحتوى على النباتات النامية فى الرمل فقط من النباتات النامية فى مخلوط الأرض والرمل والفرق بينهما هو مقدار العنصر الذى امتصته النباتات من الأرض .

وقد قام نيوباور بتحويل الأرقام التى حصل عليها إلى ما يعادلها بالكيلو جرام لكل هكتار ووضع مقياسا يستدل منه عما إذا كانت الأرض غنية أو فقيرة فى العنصر .

ب) طريقة ميتشرلش

وهى طريقة لإيجاد العلاقة بين المحصول أو النسبة المئوية للعنصر المختبر فى أنسجة النبات أو مقدار العنصر الممتص بواسطة النبات وبين مقدار العنصر المختبر المضاف والموجود أصلا بالأرض .

**٥- اختبارات بيولوجية**

يستعمل فى هذه الاختبارات بعض أنواع البكتريا والفطريات للتعرف على درجة خصوبة الأرض .

أ ) طريقة الازوتوباكتر Azotobacter

وتستخدم لتقدير خصوبة الأرض فى عناصر الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم وفيها تتم تنمية البكتريا لمدة ٧٢ ساعة فى بيئة الأرض بعد اضافة محلول فوسفاتى أو محلول بوتاسى أو الأثنين معا ثم تقدر خصوبة الأرض لقياس نسبة النمو فى كل من البيئتين ذات الفوسفور وحده وذات البوتاسيوم وحده على نمو البكتريا فى البيئة التى تحتوى على العنصرين معا .

ب) طريقة الاسبرجيلس Aspergillus Niger

وفى هذه الطريقة يضاف محلول مغذى إلى واحد جم أرض يحتوى على جميع العناصر ما عدا العنصر المراد اختباره ويترك الفطر لينمو لمدة ٤ أيام فيتكون غشاء على سطح البيئة يتناسب مع كفاية العنصر المختبر بالأرض وقد اقترح مقياسا كميا لهذا الاختبار في حالة البوتاسيوم موضحا في الجدول التالي:

| وزن الغشاء جم | البوتاسيوم الممتص بالفطر ملجرام /100 أرض | درجة نقص البوتاسيوم |
|---|---|---|
| <1.4 | <15 | نقص شديد |
| 1.4-2 | 15-20 | نقص متوسط |
| >2 | >20 | غير ناقص |

**اختبار التربة Soil Testing**

بمعناه الواسع هو أي قياسات كيميائية أو طبيعية تجرى على الأرض وهذا التعبير يعتبر ذا معنى واسع وفى نفس الوقت محدد .

فهو يعتبر معنى محدد بمفهوم أن اختبار الأرض يعنى إجراء التحاليل الكيميائية السريعة لتحديد حالة العناصر الصالحة في الأرض .

ويعتبر ذا معنى واسع عريض لأنه يشمل مناقشة نتائج التحاليل وإعطاء التوصيات اللازمة لإضافة الأسمدة وهذه التوصيات مبنية على نتائج التحاليل الكيميائية واعتبارات أخرى .

كل من الطرق السابق ذكرها لها عيوبها عند تطبيقها على مزرعة أو قطعة أرض على حدة فمثلا: -

١- أعراض نقص العنصر في النبات Deficiency Symptoms

تظهر فقط تحت ظروف نقص أو سمية العناصر الشديدة وتظهر غالبا متأخرة جداً فى موسم النمو حتى أنه من الصعب معالجتها في نفس موسم

النمو .

٢- تحليل أنسجة النبات Total Plant Analysis

تساعد فقط على معرفة سبب عدم نمو النبات بطريقة سليمة فى هذه الأرض ولكن بواسطته لا يمكن التنبؤ باحتياجات الأرض من الأسمدة .

٣- تجارب التسميد الحقلية Fertilizer field trials

من الناحية العملية لا يمكن تنفيذها على كل حقل والنتائج لا يمكن تطبيقها على كل حقل أيضا كما أن النتائج المتحصل عليها من حقل لا يمكن تطبيقها على حقل أخر .

٤- تجارب الصوب Greenhouse fertilizer trials

أ ) مكلفـــــة . ب) مضيعة للوقت .

ج ) محددة بدرجة عالية بعدد عينات الأرض .

د ) نتائج الصوب لا يمكن الأعتماد عليها للتنبؤ بنتائج الحقل .

٥- الاختبارات البيولوجية Biologic Tests

يمكن بواسطتها تقدير حالة العنصر فى التربة ولكنها مكلفة وتأخذ وقت طويل جدا . بمقارنة كل الطرق السابقة باختبارات التربة Soil testing نجد أن اختبارات التربة :

١) سريعة . ٢) غير مكلفة . ٣) دقيقة .

٤) يمكن مقارنة النتائج واستخدامها بطريقة سليمة للتنبؤ باحتياجات التربة والنبات من السماد قبل زراعة التربة .

ولما كانت طريقة اختبار التربة تعد أفضل الطرق لتقييم خصوبة التربة فسوف نتكلم عنها بشئ من التفصيل .

**أهداف فحص الأراضى Objective of Soil Testing**

١- تقدير حالة وموقف العناصر الغذائية الصالحة بدقة .

٢- توضح للمزارعين مدى خطورة وجود أى نقص أو زيادة فى العناصر بالنسبة للمحاصيل المختلفة .

٣- الاساس لتقدير الاحتياجات السمادية .

٤- تعبر عن النتائج بطريقة تسمح بالتقييم الأقتصادى لتوصيات الأسمدة المقترحة .

وبرنامج فحص الأراضى الناجح يتطلب خلفية بحثية كبيرة فمثلا يتطلب معرفة :

- الشكل الكيماوى للعناصر الصالحة فى التربة الخاصة بالمنطقة موضوع الفحص .
- المستخلصات المناسبة لتقدير أشكال العناصر الصالحة .
- مدى استجابة التربة لمعدلات السماد المختلفة وطرق التسميد للمحاصيل المختلفة .
- قدرة الأرض الانتاجية بالنسبة للمحاصيل المختلفة .
- الطرق التكنيكية للحصول على عينات الأرض من الحقل .
- طرق تقدير العناصر .

ومناقشة النتائج المتحصل عليها والحكم الصحيح على حالة العناصر فى الأرض تعتمد اعتمادا كبيرا على مدى نجاح النقاط السابقة وتكاملها .

وفى البلاد النامية غالبا ما يبدأ برنامج فحص الأراضى بدون أبحاث كافية وهذا يؤدى إلى فشل البرنامج لأن توصيات الأسمدة غير مبنية على

أساس بحثى وعموما يجب القول أن نجاح أى برنامج لفحص الأراضى فى منطقة ما يعتمد كليه على الأبحاث التى أجريت على المنطقة .

ويقسم برنامج فحص الأراضى إلى ٤ أقسام :

١- جمع عينات التربة .

٢- استخلاص وتقدير الصور الصالحة من العناصر الغذائية .

٣- مناقشة نتائج التحاليل .

٤- إعطاء توصيات الاسمدة .

**أولا: جمع عينات التربة Field Sampling**

يبدأ برنامج فحص الأراضى بجمع عينات الأرض من الحقل ويجب أن تعكس العينات أى اختلافات حقيقية موجودة فى الحقل لأن هذا يظهر حالة العناصر فى الحقل وبالتالى يؤدى إلى الحكم إذا ما كان يجب تسميد الحقل ببرنامج واحد للتسميد أو أن الاختلافات الموجودة بالحقل كبيرة بحيث يجب وضع معدلات تسميد مختلفة للحقل .

**ثانيا: الاستخلاص والتحليل الكيماوى للعينات**

**Extraction and Chemical Analysis**

والخطوة التالية لأخذ عينات ممثلة للحقل هو تقدير صور العناصر Available Nutrients فى هذه العينات وعند الشروع فى عمل اختبار كيماوى للعينات فإنه يجب أن يكون قد سبق العمل بهذه الاختبارات على عينات ارض من حقول معروف استجابة المحاصيل فيها ومدى الاستجابة وطريقة الاستخلاص يجب ان تعطى علاقة رياضية واضحة ومحددة بين كمية العنصر الموجود فى الأرض ومدى استجابة المحاصيل .

**ثالثا: مناقشة نتائج التحاليل**

**Correlating and Interpreting the Analytical Results**

أن نتائج التحاليل المتحصل عليها من التحليل الكيميائى للأرض يجب أن تناقش بطريقة ذات معنى وهذا يمكن عمله من خلال أبحاث سبق اجراؤها ومن هذه الابحاث يمكن ايجاد علاقة بين نتائج فحص الأراضى واستجابة النبات فأساس فحص الأراضى هو أن تقييم فحص الأراضى لابد ان تعامل كعامل مستقبل وترتبط بنسبة المحصول واستجابة المحصول علما بأن استجابة المحصول تختلف من نبات إلى أخر . والمحصول خاصة عندما يعبر عنه كمادة جافة Total dry Weight يعتبر ممثل لعاملين :

١- معدل تجميع النبات للمادة الجافة .

٢- طول فترة النمو .

وحيث أن معظم المحاصيل يتم حصادها عند وقت معين عادة فى نهاية موسم النمو فإن العامل المتغير الذى تتم دراسته هو معدل النمو ومعدل تجمع المادة الجافة .

وعلى ذلك فتجارب الخصوبة تهتم أساسا بدراسة معدل النمو كعامل مصاحب لمستويات معروفة من العناصر الغذائية الصالحة فى الأرض أو معدلات تسميد مختلفة .

**رابعا: إعطاء توصيات الأسمدة** Making Fertilizer Recommendations

عند وضع توصيات الأسمدة يجب أن نأخذ فى الاعتبار ما يلى :

١- حالة العناصر فى التربة .

٢- المحصول الذى يمكن زراعته .

٣- طريقة الزراعة Planting pattern .

٤- الحد الأعلى لإنتاجية المحصول المتوقع الحصول عليه .

٥- الزيادة في معدل نمو النبات مع الزيادة في الأسمدة المضافة .

٦- طريقة إضافة الأسمدة.

باختصار فحص الأراضي يعطينا دلالة على مستوى العناصر العدائية الصالحة فى الأرض ولكن لا يعطينا أى فكرة عن مقدرة الأرض لإنتاج المحاصيل Yield Potential أو كمية السماد الواجب إضافتها .

فدقة الأرقام المتحصل عليها من التحاليل والتي يمكن مناقشتها سوف تعتمد أساسا على نوعية الأبحاث التي أجريت فى الحقل والارتباط بين القيم المتحصل عليها من فحص الأراضي وكمية المحصول الناتج .

أيضا يجب أن يوجد لدينا علاقات واضحة Proper Correlation بين استجابة الأرض للسماد وكذلك استجابة المحصول بالإضافة إلى معرفة طريقة وضع السماد وأثره وهذا يتطلب أبحاث كثيرة لمعرفة تأثير مستويات مختلفة من التسميد وطريقة وضع السماد وأثر ذلك على محاصيل مختلفة ولمعرفة الحد الأعلى من التسميد The upper Level of Fertilization فأن الاعتبارات الاقتصادية مهمة وخاصة القيمة المتوقع زيادتها في المحصول بالنسبة لقيمة السماد المضاف وعلى ذلك فعند تحديد المستوى الأعلى للتسميد بالنسبة للمحصول فإن كمية الأسمدة الواجب إضافتها لكي نصل إلى الإنتاجية المطلوبة يعتبر هو الفرق بين كمية العناصر الغذائية الصالحة في الأرض والموجودة حاليا والكمية التي يحتاجها النبات لكي نصل إلى الحد الأعلى المطلوب وعلى ذلك فإن توصيات التسميد تعتمد على دقة ومناقشة نتائج التحاليل المبنية أساسا على أبحاث ذات قيمة عالية .

**تقييم صلاحية الفوسفور فى الأرض Assessing P Availability**

**أهداف فحص الأراضي بالنسبة للفوسفور Objective of P Soils Tests**

يمكن أن يلخص أهداف فحص الأراضى بالنسبة للفوسفور إلى ما يلى :

١- تقسيم الأراضى إلى مجموعات بغرض عمل توصيات السماد

تقسم الأراضى بغرض عمل توصيات الأسمدة إلى :

أ ) أراضى بها نقص فى الفوسفور .

ب) أراضى بها كمية كافية من الفوسفور . ومستوى الفوسفور فى الأرض الذى يفصل بين الأراضى التى بها نقص من الأراضى التى ليس بها نقص يطلق عليها الحد الحرج لأختبار مستوى الفوسفور بالأرض The Critical Soil P Test Level عموما الأراضى تنقسم إلى ٣ مجموعات على الأقل :

Low, Medium, High Levels of Soil Test P

ومعدلات التسميد تكون عالية عندما يكون قيمة اختبار الأراضى بالنسبة للفوسفور منخفض ويتناقص كلما زاد مستوى اختبار الفوسفور فى الأراضى .

باستخدام الكمبيوتر لمناقشة نتائج اختبارات الأراضى المعادلات تم استخدامها لتعطى معدلات التسميد بالفوسفور كدالة لمستوى الفوسفور فى الأرض .

٢- التنبؤ باحتمالات الربح نتيجة إضافة الأسمدة

Prediction of Probability of a Profitable Response to application of Fertilizer P

الأراضى التى تحتاج إلى نسبة عالية من التسميد الفوسفاتى لتعطى أكبر ربحية سوف تقسم إلى أراضى منخفضة Low فى الفوسفور بينما الأراضى التى تحتاج إلى نسبة قليلة من السماد الفوسفور لتعطى أكبر ربحية سوف تقسم إلى أراضى عالية high فى الفوسفور .

٣- دليل الأمداد بالفوسفور الصالح فى التربة

Index of Available P Supply in Soils

يتزايد الاهتمام فى السنوات الأخيرة برفع مستوى الفوسفور الصالح فى التربة إلى الدرجة التى تحتاج فيها التربة إلى كمية معلمة من الفوسفور للحفاظ على مستواه . وهذا يتطلب معلومات عن مستوى المثالى Optimum للفوسفور الصالح المطلوب للأراضى المختلفة والمحاصيل . أيضا المعلومات عن مقدار الأسمدة الفوسفورية التى يجب اضافتها لرفع مستوى الفوسفور الصالح إلى المستوى الأمثل .

ولكى يضمن لهذا النجاح لابد من توافر معلومات عن الخواص الكيميائية للتربة والتفاعلات التى تحدث بين السماد الفوسفورى والأرض .

**الشروط الواجب توافرها فى الأختبار الجيد للأراضى**

**Criteria for A Good Soil Test**

اختبار الأراضى الجيد يجب أن تتوافر فيه الشروط الآتية :

١- المستخلص يجب ان يستخلص كل الصور الصالحة للعنصر من الأراضى التى لها خواص مختلفة .

٢- الكمية المستخلصة من العنصر يجب قياسها بدقة معقولة وسرعة معقولة .

٣- الكمية المستخلصة يجب ربطها بالنمو ومدى استجابة كل محصول لهذا العنصر تحت الظروف المختلفة .

**العوامل المؤثرة على امتصاص الفوسفور Soil factors Affecting P uptake**

العوامل المؤثرة على امداد الفوسفور للنبات هى :

١- كمية الفوسفور فى التربة (Quantity) .

٢- تركيز الفوسفور فى المحلول الأرضى (Intensity) .

٣- حركة الفوسفور فى التربة إلى الجذور (Diffusion) .

ولتقييم حالة الفسفور الصالح فى التربة بالاختبارات الكيميائيـــة فـــنحن نحتاج إلى فهم العلاقة بين الكمية Quantity الـــشدة Intensity والانتـــشار Diffusion وكذا العوامل المؤثرة على هذه العلاقة والتي تؤثر بالتالي علـــى إمداد النبات بالفوسفور.

ومثاليا Ideally يجب عند إجراء اختبار الأراضي للفوسفور أي نأخذ في الاعتبار كلا من عاملي الشدة والسعة ومع ذلك فـــإن اختبـــارات الأراضـــي المستخدمة حاليا تستخلص أما الشدة أو الـــسعة (أي أحـــد هـــذين العـــاملين) فالمستخلصات الضعيفة مثل الماء و $CaCl_2$ تقدر عامـــل الـــشدة Intensity factor بينما المستخلصات القوية مثل الأحماض المحلول القاعدي تقدر عامل السعة والمستخلص الذي يعتبر مثالي هو الذي يمكنه استخلاص ذلك الجزء من الفوسفور المتحكم في المحلول الأرضي.

**المستخلصات المستخدمة فى اختبارات الفوسفور فى الأراضى**

**Common Soil Test Extractants and Mechanism of P Removal**

١- تقسيم المستخلصات Classification of Soil Test Extracts

المستخلصات المستخدمة فى اختبارات الأراضي يمكـــن وضـــعها فـــي مجموعات مختلفة تتعلق بالخواص الكيميائية للمحلول المستخدم ففـــي بعـــض الحالات فإن الأنيونات فى المحلول يكون لها قدرة احلالية تحل محل الفوسفور أو تتفاعل مع الكاتيونات المصاحبة للفوسفور .

جدول (12-1): المستخلصات المستخدمة في اختبـارات التربـة للفوسـفور الصالح

| الاسم الشائع | المستخلص | نسبة الأرض للمحلول |
|---|---|---|
| Bray 1 | 0.025 NHCI + 0.03 $NNH_4$ F | 1:10 |
| Bray 2 | 0.1 NHCl + 0.03 $NNH_4$ F | 1:17 |
| North Carolina | 0.05 NHCI + 0.025 $NH_2$ $SO_4$ | 1:4 |
| Troug | 0.002 $NH_2$ $SO_4$ buffered at pH 3 with $(NH4)_2$ $SO_4$ | 1:100 |
| Citric Acid | 1% citric acid | 1:10 |
| Enger | 0.02 N Ca lactate + 0.02 NHCI | 1:20 |
| Morgan | 0.54 NHAOC + 0.7 Na OAC pH 4.8 | 1:10 |
| Olsen | 0.5 M Na $HCO_3$ pH 8.5 | 1:20 |

والمستخلصات تتقسم إلى :

أ – تركيزات مخففة من الأحماض القوية

Dilute Concentrations of Strong Acids

الاحماض الشائعة الاستخدام فى استخلاص الفوسـفور هـى : حمـض الهيدروكلوريك HCl ، النيتريك $HNO_3$ والكبريتيك . وتركيز الحامض يتراوح من 0.002N إلى 0.05N– pH المحلول عادة يتراوح من 2 إلـى 3. أيونـات الكلوريد ، النترات لها تأثير ضعيف جداً على الاستخلاص ولكـن الكبريتـات تميل إلى التقليل من الـ Readsorption (اعادة ادمصاص الفوسـفور الـذائب بواسطة محاليل الأحماض) .

ب– تركيزات مخففة من الاحماض القوية مضافا إليها معقدات أيونات

Dilute Concentrations of Strong Acids Plus a Complexing Ion

معقدات الأيونات المستخدمة غالبا هى الفلوريد التى تكون مركبات قوية مع أيون Al والمركب الفلوريدى الشائع الأستخدام هـو فلوريـد الأومنيـوم $NH_4$ F والمحلول المستخدم الشائع الاستعمال هو مخلوط مـن $NH_4$ F, HCl تركيزات الحامض تختلف من 0.025N إلى 0.1N بينما تركيـز الـــ $NH_4$ F

عادة ما يكون 0.03N .

ج – تركيزات مخففة من الأحماض الضعيفة

Dilute Concentrations of Weak Acids

الاحماض الضعيفة المستخدمة فى استخلاص الفوسفور هى :

Citric, Lactic and Acetic

أول محلول للاستخلاص هو 1% حمض الستريك Citric, Acid والمحلول الذى يتكون من Lactate HCl هو محلول شائع الأستخدام فى أوربا حامض الخليك Acetic acid Buffered with NaAOc عند درجة pH 4.8 استخدم فى الولايات المتحدة الامريكية (محلول Morgan ثم تعديل هذا المحلول بحيث يستخدم $NH_4$ AOc كمحلول منظم للـ pH عند 4.8) .

والانيونات العضوية بهذه المحاليل تميل إلى التأثير على الاستخلاص بطريقتين :

١– الانيونات مثل السترات واللاكتات Lactate, Citrate تكون معقدات مع Polyvalent cations ولذلك فهى تحرر الفوسفور .

٢– الانيونات العضوية أيضا يمكن أن تحل محل الفوسفور المدمص وتمنع اعادة ادمصاصه .

د – المحاليل القاعدية Buffered Alkaline Solutions

المحلول القاعدى الشائع الاستخدام هو بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ والذى يستخدم أساسا فى الأراضى القاعدية .أيونات $HCO_3$ تعتبر فعالة جداً فى الأحلال محل الفوسفور المدمص أما أيونات الصوديوم فتقلل من نشاط الكالسيوم بالمحلول .

**ميكانيكية إزالة الفوسفور بواسطة المستخلصات**

يوجد أساسا أربع تفاعلات بواسطتها يتم تحرر الفوسفور من الجزء الصلب وهى :

1- Solvent action of acids.
2- Anion replacement.
3- Complexing of cations binding P.
4- Hydrolysis of cations binding.

١- التأثير الذوبانى للأحماض Solvent actions of acids

المحاليل الحامضية المستخدمة لاستخلاص الفوسفور عادة ذات pH تتراوح من ٢-٣ وهذا يؤدى إلى وجود كمية كافية من أيونات الهيدروجين لإذابة فوسفات الكالسيوم . وأيضا المحلول الحمضى سوف يذيب بعض فوسفات الامونيوم ، فوسفات الحديد . وترتيب الذائبية فى المحاليل الحمضية تكون كالآتى :

Ca' P > Al' P > Fe-P

٢- الاحلال الانيونى Anion replacement

أنيونات الفوسفات المدمصة على سطوح كربونات الكالسيوم وأكاسيد الحديد والألومنيوم المتأدرته يمكن الاحلالها بواسطة أنيونات أخرى مثل Acetate , Lactate, Sulfate, Bicabonate, Citrate .

وعند وجود الانيونات العضوية والكبريتات فى المحاليل الحمضية فإن هذا يؤدى إلى تقليل ادمصاص الفوسفات .

٣- تكوين معقدات مع الكاتيونات المرتبطة بالفوسفور

Copupling of Cations Binding P

أيونات الكلوريد لها فاعلية كبيرة فى تكوين معقدات مع Al وبهذه الطريقة

الطريقة يحدث تحرر للفوسفور من Al-P . الكالسيوم يترسب بواسطة أيونات الكلوريد وعلى ذلك فإن الفوسفور الموجود فى الأراضى مثل $CaHPO_4$ سوف يستخلص بواسطة المحاليل المحتوية على أيونات الكلوريد . الأنيونات العضوية مثل السترات ، لاكتات أيضا تكون معقد مع Al .

٤- انحلال الكاتيونات المرتبطة بالفوسفور

Hydrolysis of Cations Binding P

المحاليل المستخلصة التى تحتوى على أيونات الهيدروكسيل HO تستخلص الفوسفور من Al-P, Fe-P نتيجة لتحلل كل من Al, Fe وعلى ذلك فإن بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ عند درجة 8.5 pH تكون فعالة جداً فى استخلاص Al-P ولحد ما بعض Fe-P . أيون الكربونات يرسب الكالسيوم على هيئة كربونات كالسيوم ، وعلى ذلك فإنه يجعل Ca-P أسهل استخلاصا وذلك بالحد من نشاط أيون الكالسيوم.

**العلاقة بين صور الفوسفور المختلفة فى الأراضى ونمو النبات**

**Relationship between forms of soil P and plant growth and P extracted by soil tests**

بعد ظهور طرق الفصل والاستخلاص لصور الفوسفور المختلفة فى الأرض أصبح من الممكن دراسة العلاقة بين أشكال الفوسفور فى الأرض ونمو النبات . وبمعرفة أى من الصور المختلفة فى الأرض مرتبطة بنمو النبات فإنه يمكننا أن نختار اختبارات الأراضى التى سوف تعكس كميات هذه العنصر (الفوسفور) فى الأرض .

جدول (2-12): علاقة الارتباط بين اختبار التربة وصور الفوسفور في التربة.

| اختبار التربة | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Morgan | Troug | N. Carolina | | Bray 1 | Olsen |
| 0.54 NHAOC + 0.7 Na OAC | 0.002 N $H_2SO_4$ | 0.05 N HCI+ $0.025NH_2SO_4$ | | 0.025N HCI + 0.03N $NH_4$ F | 0.5 N $NaHCO_3$ |
| صور الفوسفور ومعامل الارتباط (r) | | | | | |
| Bangladesh | Ca-P 0.79 | Ca-P 0.9 | Ca-P 0.88 | AI-P 0.73 | Fe-P 0.78 |
| British Colombia | Ca-P | --- | Ca-P 0.65 | AI-P 0.66 | AI-P 0.64 |
| Barazil | -- | --- | AI-P | AI-P 0.82 | AI-P 0.74 |
| Michigan | -- | AI-P 0.55 | | AI-P 0.99 | AI-P 0.99 |

ومن التجارب العديدة التي أجريت نستطيع أن تستنتج أن Al-P يعتبر المصدر الرئيسي للفوسفور في النبات مع Ca H $PO_4$ الموجود في الأرض وذلك في الأراضي الحمضية المتعادلة وعلى ذلك فاختبار الأراضي الذي يستخلص Al-P, $CaAPO_4$ يجب أن يعطى مقياس جيد للفوسفور الصالح للنبات في الأراضي الحمضية ، الأراضي المتعادلة .

**بالنسبة للأراضى الجيرية**

مصدر الفوسفور في الأراضي الجيرية والذي يرتبط بنمو النبات هو الفوسفور السطحي (الذي يدمص على سطوح كربونات الكالسيوم) ولقد وجد أن الفوسفور المستخلص بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ في الأراضي القاعدية يرتبط ارتباطا كبيراً مع الفوسفور السطحي حيث أن $NaHCO_3$ يستخلص حوالي 50% الفوسفور السطحي .

**العلاقة بين صور الفوسفور فى التربة ، الفوسفور المستخلص بواسطة اختبارات الأراضي**

**Relationship between forms of soil P and P extracted by soil tests**

أجريت دراسات عديدة لربط الفوسفور المستخلص باختبارات الأراضـــي وبين صور الفوسفور الأراضي لعديد من المناطق . (جدول 12-2)

ومن الجدول نجد أن:

١) الفوسفور المستخلص مـــن العديـــد مـــن الأراضـــي بواســـطة محاليـــل Olsen ( 0.5 M $NaHCO_3$) & Bray I (0.025 HCl + 0.03 $NH_4F$) كانت مرتبطة أساسا مع Al-P .

وبناء على الميكانيكية الخاصة باستخلاص الفوسفور في الأرض بواسطة Na $HCO_3$ , $NH_4$ F فإنه من المنطقي أن هذين المستخلصين سوف يستخلصان أساسا نسبة كبيرة من الـــ Al-P من الأراضي .

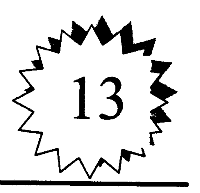
المحاليل الحامضية المـــستخدمة لاســـتخلاص الفوســـفور Dilute acid extracts مثـــل (North Carolina) (0.05N HCl + 0.025N $H_2SO_4$), & Troug (0.002 $H_2SO_4$).سوف يذيب Ca-P في الأراضي المحتويـــة كميـــات كبيرة من فوسفات الكالسيوم ويعتبر هذا هو الشكل الرئيسي المـــستخلص مـــن الفوسفور .

٢) عموما يمكن القول أن المحاليل القاعدية $NH_4$ F سوف تـــستخلص Al-P، المحاليل الحمضية سوف تستخلص Ca-P.




# الأسمدة العضوية

- ❖ أسمدة المزرعة.
- ❖ الأسمدة العضوية التجارية.
- ❖ تأثير الأسمدة العضوية على نمو النبات.
- ❖ إضافة المخلفات العضوية إلى التربة.
- ❖ تحلل المواد العضوية فى التربة.
- ❖ حساب معدل إضافة الحمأة للأراضى الزراعية.




# الأسمدة العضوية

تحتوى الأسمدة العضوية على مجموعة كبيرة ومختلفة من المواد التى تصلح لتحسين خصوبة التربة وزيادة إنتاجيتها ويمكن تقسيم الأسمدة العضوية إلى مايلى :

١) أسمدة المزرعة Farmyard nanure

وهذه الأسمدة تنتج في المزرعة وهى متعددة التركيب والأنواع .

٢) أسمدة عضوية تجارية

وهذه الأسمدة يعتمد إنتاجها على معايير خاصة ويخضع تسويقها لقانون الأسمدة . ويتم تقويم الأسمدة العضوية عموما تبعا لمحتواها من المادة العضوية.

## (١) أسمدة المزرعة

**أ - سماد المزرعة (البلدى) Farmyard manure**

سماد المزرعة هو سماد هام وعالمى يستخدم منذ زمن بعيد وتر

الكيميائى معقد يختلف بإختلاف نوع الحيوان المأخوذ منه السماد فهذا السماد يتكون أساسا من روث الحيوان وبوله وفرشة (قش النبات وغيرها) وينتج سماد المزرعة أساسا من روث الأبقار والجاموس أو الخنازير والدواجن وطريقة تصنيعه توجد في المربع أسفله .

يعمل سماد المزرعة على تحسين الخواص الكيميائية والطبيعيه للتربة ويجعل التربة أكثر قدرة على الإحتفاظ بالرطوبة بالإضافة إلى مقدرته على إمداد التربة بالعناصر الغذائية الكبرى والثانوية ويستفيد النبات من السماد البلدى إستفادة كبيرة لماله من تأثير على تحسين بناء التربة وتفكيك حبيباتها .

**١- كمية السماد المنتج**

10 طن تنتج من كل رأس (بقر و جاموس) سنويا .

2 طن تنتج من كل خنزير في العام .

6 كجم تنتج من كل دجاجة .

**٢- التخزين**

ويتم إما في حفر (وهذه تعد ميزة من حيث توفير العمالة كما أن هذه الطريقة تنتج سماد ذو محتوى أعلى من النيتروجين 0.8%) أو في كومة الغرض منها هو إتمام عملية التخمير ويكون :

أ – سماد ينتج بواسطة تخمير بارد :

وهو عبارة عن تخمير لاهوائى تحت درجة حرارة لا تزيد عن 30°C وفقد المادة العضوية يكون 10-15% .

ب– سماد ينتج بواسطة تخمير دافئ :

وفيه تكبس الكومة لضمان التخمير عند درجة حرارة 40°C وفقد المادة العضوية يتراوح بين 30-40% .

ج– سماد ينتج بواسطة تخمير ساخن :

ويحدث التخمير عن درجة حرارة 60°C وفقد المادة العضوية تتراوح

بين 40-50% (ترتفع درجة حرارة الكومة عندما تكون غير منضغطة Loose) .

٣- محتوى السماد من المغذيات يختلف اختلاف كبيرا تبعا لطريقة عمل السماد والفرشة ونوع الحيوان وبالنسبة للأبقار والجاموس فإن نسبة المادة العضوية تتراوح بين 20-25% ونسبة C : N =20:1 ( جدول 13-1) .

يحتوى السماد الناتج من مخلفات الدواجن على عناصر غذائية أكثر من السماد الناتج من البقر والجاموس وذلك لارتفاع نسبة المادة العضوية فيه ولذلك فهو يحتوى على نيتروجين يقدر بخمسة أضعاف ما يحتويه السماد الناتج من الأبقار .

**٤- الكميات المضافة**

تتراوح بين 10-40 طن/هكتار .

**٥- فقد النيتروجين عند الإضافة**

يتراوح الفقد 2-30% (ويزداد الفقد بإرتفاع درجة الحرارة وشدة الرياح) ويمكن خفض الفقد بإضافة سوبر فوسفات الذى يعمل على مسك الأمونيا.

**٦- معدل الحصول على المغذيات**

N : تتراوح بين 20-30% في السنة الأولى ونصف هذه الكمية في السنة الثانية .

P : تتراوح بين 15-20% .

K : تتراوح بين 50-60% .

جدول (13-1): محتوى سماد المزرعة من المغذيات

| المحتوى (%) | المحتوى (جزء في المليون) |
|---|---|
| N = 0.2-0.6 | منجنيز = 30-50 ppm |
| P = 0.04-0.3 | زنك = 10-20 ppm |
| K = 0.1-0.8 | بورون = 3-5 ppm |
| Ca = 0.07-1.0 | نحاس = 1-3 ppm |
| Mg = 0.06-3 | موليبدنيوم = 0.1-0.2 ppm |

ب- السماد شبه السائل Liquid manure

وهو عبارة عن مخلوط الروث والبول الناتج من الحيوانات مع بعض التبن وفيما يلى الكميات التى يمكن الحصول عليها من حيوانات المزرعة والدجاج :

كل رأس من الأبقار والجاموس يعطى 50 kg/ اليوم وتحتوى 10% مادة جافة الدجاجة الواحدة تعطى 50 g/ اليوم وتحتوى 80% مادة جافة ويوضح الجدول (13-2) محتوى هذا السماد من المغذيات .

جدول (13-2): محتوى السماد العضوى شبة السائل .

| العنصر المغذى | حيوانات المزرعة | الدجاج |
|---|---|---|
| | % | |
| N | 0.4 | 1.0 |
| P | 0.1 | 0.3 |
| K | 0.4 | 0.4 |
| Mg | 0.04 | 1.0 |
| مادة عضوية | 5.5 | 10.5 |

والسماد العضوى شبة السائل يتخمر ويتحلل بواسطة الميكروبات وعلى سبيل المثال يتحول النيتروجين من الصورة العضوية إلى المعدنية وحوالى 50% من النيتروجين المتحول يكون على صورة أمونيومية وتتراوح نسبة C/N بين 1:8 - 1:5 بنواتج التخمر الغازية مثل كبريتيد الهيدروجين قد تسبب بعض الإزعاج نتيجة الرائحة الكريهة لها .

تأثير السماد العضوى شبة السائل يكون من خلال المغذيات وليس من خلال الدبال ويعتبر محتوى السماد من النيتروجين هو الأساس المحدد للكميات الواجب إضافتها . ويجب معرفة كمية السماد العظمى التى يجب إضافتها للتربة وذلك لمنع الإفراط في التسميد لتفادى الأضرار الناتجه عن الأملاح وفقد

المغذيات من التربة وما يسبب ذلك من ضرر على البيئة ويوضح جدول (13-3) الكمية العظمى التى يجب إضافتها للتربة .

جدول (13-3): الكمية العظمى التى يجب إضافتها للتربة

| السماد ونصف السائل من | m3 /هكتار/سنه | | عدد الحيوانات لكل هكتار |
|---|---|---|---|
| حيوانات المزرعة | 40-80 | 15-22 | 2-4 رأس |
| الدجاج | 15-25 | - | 800-300 دجاجة |

**ج- السماد الأخضر Green Manure**

يعرف السماد الأخضر بأنه محاصيل خضراء تزرع وتستخدم كسماد وذلك بتقليبها في الأرض أو بقايا محاصيل (جذور النباتات) غير متحللة يتم تقليبها في الأرض لزيادة خصوبة التربة بينما الأجزاء الخضرية فوق سطح التربة تستخدم كعلف للحيوان .

**فوائد السماد الأخضر**

١- مصدر للنيتروجين

قلب السماد الأخضر بالحرث يؤدى إلى زيادة النيتروجين الكلى ولذلك يفضل استخدام النباتات البقولية لما تحتوية من نسب عالية من النيتروجين بالمقارنة بالمحاصيل الأخرى كما أن وجود العقد الجذرية يزيد من محتوى التربة من النيتروجين وهذا بالتالى يؤدى إلى زيادة الدبال بالتربة حيث أن كمية الدبال المضافة التربة تتحدد تبعا لكمية النيتروجين العضوى الموجود بها .

٢- مصدر للمادة العضوية

الأسمدة الخضراء تعتبر مصدر جيد للمادة العضوية ولذلك فعند استزراع الأراضى الرملية حديثة الاستصلاح يتم زراعة بعض المحاصيل البقولية بهدف

استخدامها كسماد أخضر وذلك لزيادة محتوى التربة من المادة العضوية .

٣- زيادة النشاط الحيوى بالأرض

تعمل الأسمدة الخضراء على تنشيط الأحياء الدقيقة بالتربة وذلك لما تحتوية هذه الأسمدة من بروتينات وسكريات ونشويات تحتاجها الأحياء الدقيقة كمصدر للطاقة والنمو حتى تقوم بوظائفها في تحويل المواد العضوية إلى معدنية ومثال ذلك بكتريا الأزوتوباكتر التى تقوم بتثبيت الأزوت الجوى .

٤- انطلاق العناصر الغذائية

يعمل السماد الأخضر على زيادة نشاط الكائنات الحيه الدقيقة التى تعمل على معدنة كثير من العناصر الغذائية .

٥- حماية التربة الزراعية من الإنجراف .

وجود المحصول الأخضر بالتربة يقلل من تأثير عوامل الانجراف على التربة وقلب السماد الأخضر في التربة يؤدى إلى خفض التأثير الميكانيكى لفعل الأمطار والرياح كما أنه يحسن من بناء التربة .

**د- السماد العضوى الصناعى Compost**

يعرف السماد العضوى الصناعى بأنه ناتج تحلل بقايا النباتات ومخلفات الحيوانات المضاف إليها بعض المواد وتختلف صفات السماد العضوى الصناعى تبعا لنوع المواد والمخلفات المستخدمة في تصنيعه .

وفيما يلى القواعد الهامة الضرورية لإنتاج سماد عضوى ذو جودة عالية:

١) الغرض من عمل السماد العضوى الصناعى هو تحويل المخلفات إلى مواد محسنة لنمو النبات لتحسين خصوبة التربة .

٢) تحلل المادة العضوية في المخلفات المستخدمة جزئيا بواسطة الميكروبات وهذا يتطلب ظروف نمو مناسبة لنشاط هذه الميكروبات (رطوبة 50% من

السعة المائية وتهوية) ولذلك يتم تقليب للكومة مرحليا . أيضا تحتاج الميكروبات نيتروجين بكميات كافية لبناء أجسامها (نسبة C/N تتراوح بين 1:20-1:30 ) .تعمل بعض الإضافات إلى المخلفات النباتية على الإسراع من عملية التخمر كما أنها تحسن المنتج النهائى مثل :

- بعض الأسمدة المعدنية أو الخام مثل صخر الفوسفات والنيتروجين (0.1-1%) في حالة كبر نسبC/N وإضافة الجير .
- بعض المواد العضوية مثل مستخلصات الأعشاب يستغرق تحضير السماد العضوى الصناعى من عدة شهور إلى ثلاث سنوات ويختلف تركيبة إختلافا كبيرا تبعا لطريقة التحضير والمخلفات المستخدمة وتمثل القيم التالية متوسط قيم العناصر الغذائية التى توجد بالكمبوست .

| مادة جافة | مادة عضوية | N | P | K |
|---|---|---|---|---|
| 30-50% | 10-15% | 0.3% | 0.1% | 0.3% |

**المواد شائعة الإستخدام في عمل السماد العضوى الصناعى**

- قش الأرز والحشائش الخضراء وأوراق الأشجار وهى سهلة التحلل .
- تبن البرسيم والحلبة والقمح والفول والشعير .
- عروش الفاصوليا والبطيخ والبطاطا والقلقاس والطماطم والفول السودان .
- مخلفات الذرة وسيقان الموز .
- مخلفات حطب القطن ومصاصة القصب .

## (٢) الأسمدة العضوية التجارية

تنقسم الأسمدة العضوية التجارية جدول (13-1) إلى :

- أسمدة عضوية .

- **أسمدة عضوية معدنية**: وهى أسمدة عضوية مضاف إليها أسمدة معدنية .

وتسويق هذه الأسمدة يتطلب دخول هذه الأسمدة في سلسلة من العمليات لكى تستوفى شروط صناعة الأسمدة ويتمكن صانعو الأسمدة من تسويقها والشروط التى يجب استيفائها في هذه الأسمدة تشمل :

١- المواد الخام المستخدمة في عمل السماد (حمأة أو مخلفات الحيوانات والنباتات) يجب تحويلها إلى منتج غير ضار للصحة من خلال التخمر تحت درجات حرارة عالية أو بعض العمليات الأخرى .

٢- يجب أن لا تحتوى الأسمدة على كائنات ممرضة للإنسان أو مواد غير نظيفة أو ضارة بالنبات .

٣- إضافة المغنيسيوم أمر مرغوب فيه (2.5% Mg) .

وسوف نذكر فيما يلى بعض أنواع الأسمدة التجارية العضوية :

- **أسمدة البيت (Peat)**

وهذه الأسمدة تصنع من البيت الذى يحتوى على 40-50% مادة عضوية وماء بنقس النسبة ، 1-2% معادن (ash) . ويعمل البيت على تحسين بناء التربة ويتحلل في التربة ببط ولذلك تضاف بعض الأسمدة المعدنية لتعويض نقص المغذيات في البيت .

جدول (13-1): الأسمدة العضوية التجارية

| نوع السماد | المادة العضوية الخام | محتويات السماد |
|---|---|---|
| الأسمدة العضوية | | |
| سماد عضوى | بيت peat -مخلفات عضوية | 30-50% مادة عضوية |
| سماد عضوى + N | دم مجفف-وقرون مجففة (مسحوق) | 5-14% N |
| سماد عضوى + P | مسحوق العظام | 31% P |
| سماد عضوى NP | مخلوط مسحوق العظام والقرون | 4-10% N<br>2-10% P |
| سماد عضوى NPK | مخلفات حيوانات | 4-6% N<br>4-5% P<br>2% K |
| أسمدة عضوية معدنية | | |
| مخلوط سماد عضوى ومعدنى | مخلفات المدن-الحمأة<br>مخلفات الحيوانات والنباتات | 25-40% مادة عضوية<br>(1-3% N, P, K) |
| مخلوط البيت peat | بيت أسود أو بنى | 35% < مادة عضوية<br>(1-3% N, P, K) |
| عضوى ومعدنى NP | بقايا ومخلفات | 6% N, 3% P |
| عضوى ومعدنى NPK | النبات والحيوان | 4- 14% N, P = 3%<br>K = 14% |

- **أسمدة مخلفات المدن :**

– **أسمدة حمأة مجففة**

وتعتبر سماد مناسب بعد معاملتها للتخلص من الطفيليات الممرضة ويمكن إضافة بعض الأسمدة المعدنية إليها وهذا السماد يضاف إلى التربة بمعدل 4-2 طن /هكتار .

– أسمدة قمامة المدن

يتم تحويل القمامة إلى سماد عضوى صناعى Compost مفيد يعمل كمحسن للتربة وأيضا كمصدر للعناصر المغذية الضرورية للنبات ويمكن

إضافة بعض العناصر الصغرى عند عمل السماد . ويحتوى السماد المصنع N 0.7% في المادة الجافة والكمية المضافة من هذا السماد إلى التربة تتراوح بين 20-5 طن /هكتار وبوجة عام يجب عدم إضافة كميات كبيرة من هذا السماد وذلك لخطورة الأملاح (Salt damage) والتى يمكن تلافيها وذلك بإضافة هذا السماد فترة طويلة قبل الزراعة كما يجب مراعاة عدم إضافة هذا السماد لفترة طويلة منعا لمخاطر تجمع العناصر الثقيلة في التربة .

- أسمدة مخلفات الحيوانات

وهذه الأسمدة معروف استخدامها منذ عام 1800 وتشمل :

أ – مسحوق العظام

يتم طحن العظام بعد تنظيفها وتستخدم كسماد عضوى .

ب– مسحوق القرون

وهذا المسحوق يعمل كسماد نيتروجينى بطئ الإمداد وقد يضاف اليه بعض الأسمدة المعدنية .

ج– مخلوط مسحوق القرون والعظام

وينتج عن هذا المخلوط سماد نيتروجينى فوسفورى عضوى (النيتروجين من القرون ، الفوسفور من العظام)

د – مسحوق الدم

وهو سماد فعال جدا ويحتوى على حوالى 14% نيتروجين في صورة بطيئة الإمداد .

هـ– جوانو Guano

وهو سماد خاص من أصل عضوى وهو ناتج مخلفات كائن البحر

seabird ويتحلل في وقت طويل ويتواجد كترسيبات طبيعية وهذا الطائر يعيش على الجزر التى لا يوجد فها أمطار أو نباتات على إمتداد سواحل بيرو وشيلى ويتغذى على أسماك البحر . هذا السماد يحتوى على 15%-8 نيتروجين ، -2 3% فوسفور ، 4%-2 بوتاسيوم .

– أسمدة بقايا النباتات

تصنع أسمد عضوية من أجزاء النباتات المختلفة وهذه الأسمدة يتم تسويقها على أنها أسمدة عضوية صناعية Compost وذلك بعد معاملتها بإضافات معدنية وتخميرها ومن أمثلة هذه البقايا مخلفات عصير العنب ومخلفات الخضروات وعصائر الفاكهة المختلفة .

**أهمية الأسمدة العضوية**

تعتبر الأسمدة العضوية هامة كأسمدة دبالية ويجب التفرقة بين الدبال المغذى والدبال الدائم فالدبال المغذى سريع التحلل بواسطة ميكروبات التربة فيمد النبات بالعناصر الغذائية والطاقة أما دبال التربة الدائم فهو ثابت لفترة زمنية طويلة ويعمل على تحسين خصوبة التربة .

## تأثير الأسمدة العضوية على نمو النبات

**A- تأثير المواد الدبالية على الخواص الفيزيائية للتربة**

١- تحسين بناء التربة :

أ- مباشرة عن طريق تحسين تحبب التربة بواسطة الحبيبات الدبالية الكبيرة

ب- غير مباشرة وذلك عن طريق زيادة إنتاج البكتريا للمواد المجمعة لحبيبات التربة.

٢- تحسين السعة المائية للتربة

أ- مباشرة : عن طريق امتصاص المادة العضوية للماء .

ب- غير مباشرة : تحسين البناء .

٣- تحسين التهوية

تحسين بناء التربة يؤدى إلى زيادة إمداد الأكسجين لجذور النباتات .

٤- زيادة درجة حرارة التربة

أ- مباشر : عن طريق اللون الداكن للمواد الدبالة التى تزيد من إمتصاص التربة لأشعة الشمس .

ب- غير مباشر : عن طريق تحسين البناء لأن تحسين صرف التربة يؤدى إلى رفع درجة حرارة التربة .

**B- تأثير المواد الدبالية على الخواص الكيميائية للتربة**

١- تعمل المواد الدبالية على تخزين المغذيات على سطوحها في صورة متبادلة وبالتالى فإن هذه المواد تعتبر هامة للأراضى الرملية .

٢- المواد الدبالية تمد النبات بالمغذيات والطاقة عند تحللها مثل :

أ – ثانى أكسيد الكربون الضرورى للتمثيل الضوئى .

ت- العناصر الغذائية المعدنية مثل النيتروجين والفوسفور والكبريت والعناصر الصغرى .

ج- المغذيات العضوية مثل السكريات والأحماض الأمينية التى تتكون كنواتج وسيطة والتى يمكن إمتصاصها بواسطة النبات .

٣- تحلل الدبال يعمل على تحرر العناصر الغذائية المعدنية من الصورة غير الصالحه إلى الصورة الصالحة للإمتصاص بواسطة النبات :

أ – مباشرة : من خلال تأثير الدبال أى من خلال الأحماض التى تفرز عن طريق الميكروبات ومن خلال المركبات المخلبية .

ب– غير مباشر : عن طريق مهاجمة الأحماض الناتجة عند تحلل الدبال للعناصر الموجودة في صورة غير صالحة وتحويلها إلى صورة صالحة للإمتصاص بواسطة النبات ومثال ذلك الحديد والمنجنيز والفوسفات والموليبدات .

٤- تحلل الدبال يسرع من تثبيت النيتروجين الجوى .

٥- زيادة المواد المنشطة active agents

تحتوى الأسمدة العضوية على مواد نشطة كما أنها تعمل على زيادة النشاط الميكروبى والمواد المنشطة تعتبر من عوامل النمو ذات الأهمية الثانية للنبات :

أ – مشجعات النمو Growth substances

وهى مواد مفيدة لإنبات النباتات التى تحتوى على مشجعات نمو كافية مثل tamins and quinones .

ب– مثبطات نمو Growth inhibitors

وهى مواد توقف نمو النبات في حالة وجودها بكميات صغيرة جدا وتسبب ضرر شديد للنبات عند وجودها بكميات كبيرة .

ج– المضادات الحيوية Antibiotics

وهذه تتواجد بكميات صغيرة في الأسمدة العضوية المصنعة وفى الأراضى الحمضية (terramycine 0.1ppm , streptomycine 5ppm) وهذه المضادات الحيوية تمتص بواسطة النبات وقد تكون هامة في رفع مقاومة النبات للأمراض البكتيرية .

## إضافة المخلفات العضويه إلى التربه

المشكلة الأساسية هى وجود كميات كبيرة جدا من المخلفات العضويه الناتجة سنويا من مياه الصرف الصحى ومزارع الحيوانات والدواجن والقمامة ــ مصانع الورق ــ الصناعات الغذائية والصناعات الأخرى . وفى الماضى كان يتم التخلص من المخلفات غير المرغوب فيها بإلقائها فى مجارى المياه والبحيرات والبحار أما الآن فهذه الطريقة لم تعد مقبولة .

ومشاكل التخلص من مخلفات الصرف الصحى والقمامة لا تعتبر مشكلة تخص المدن فقط وإنما تشمل القرى أيضا لأن مخلفات المزارع يتم التخلص منها ايضا فعلى سبيل المثال حيوان المزرعة ينتج مخلفات عضويه تعادل عشرة أضعاف ما ينتجه الإنسان . فالبقرة ينتج عنها مخلفات تعادل 16 ضعف ما ينتج عن الإنسان فى حين أن 7 دجاجات ينتج عنها مخلفات تعادل تقريبا ما ينتجه الإنسان .

تقدر الكمية الكلية من المخلفات العضويه الناتجة على سبيل المثال فى الولايات المتحده الأمريكية من مزارع الإنتاج الحيوانى والداجنى حوالى 1.5 بليون طن كل سنة . فى حين أن كمية الحمأة الناتجة من الصرف تقدر بحوالى 7.5 مليون طن سنويا والمواد العضويه المتخلفة من الصناعات الغذائية تعتبر كميات هائلة وللدلالة على ذلك نذكر أن مخلفات صناعة نوع واحد من الجبن يعادل مخلفات 83 مليون نسمه .

ويوضح جدول (13-2) كميات المخلفات الصلبة الناتجة من مزارع الإنتاج الحيوانى والداجنى فى الولايات المتحدة الأمريكية .

جدول (13-2) : كميات المخلفات الصلبه الناتجة من مزارع الأنتاج الحيوانى والداجنى فى الولايات المتحده الأمريكيه

| نوع الحيوان | كمية السماد الناتجة طن/سنة |
|---|---|
| الأبقار | 1, 088, 620, 000 |
| الخنازير | 47, 414, 000 |
| الأغنام | 21, 456, 000 |
| الدواجن | 30, 421, 000 |

ونظر لعظم كمية المخلفات العضويه فإن استخدام المخلفات العضويه فى الزراعة يقدم ميزات كبيرة للمجتمع ككل من ضمنها زيادة خصوبة التربه وتحسين صفات المياه عن طريق الحد من إلقاء المخلفات العضويه فى الأنهار والبحيرات ومجارى المياه .

**مشاكل إضافة المخلفات العضويه إلى التربه**

إضافة المخلفات العضويه مثل بقايا المحاصيل والأسمدة العضويه والمصنعة Composts إلى التربه هى ممارسه كان يتم إستخدامها فى الماضى وتستخدم فى الحاضر بطريقة مكثفة للحفاظ على خصوبة التربه . فإضافة الأسمدة العضويه لها تأثير جيد على إنتاجية التربه لأنها تعتبر مصدر للعناصر الغذائية التى يحتاجها النبات لنموه . ايضا تعمل الأسمدة العضويه على تحسين الخواص الفيزيائيه للتربه كما أنها تعمل على الحفاظ على مادة التربه العضويه وتزيد من نشاط الكائنات الحيه الدقيقة فى التربه .

وقيمة إضافة المخلفات العضويه الحيوانيه للتربه فى الماضى تم توضيحها فى الفقرة التالية من الكتاب السنوى لوزارة الزراعة الأمريكية عام 1938.

"المخلفات الحيوانيه للمزارع الأمريكيه والتى تقدر ببليون طن سنويا قادرة على زيادة المحاصيل بما يعادل ثلاثة آلاف مليون دولار . وتعادل كمية العناصر الغذائية التى حصلت عليها المحاصيل نتيجة إضافة المخلفات العضويه

ستة أضعاف ما أمدته الأسمدة المعدنية إلى المحاصيل فى عام 1938 كما أن المادة العضويه المضافه إلى التربه تعادل ضعف ما أستهلك من الدبال بواسطة محصولى القمح والذره" .

ونتيجة لإعتبارات تكنولوجيه واقتصادية تغير هذا المفهوم حديثا بالنسبة لقيمة الأسمدة العضويه الحيوانيه للأسباب التالية :

١. تقدم تكنولوجيا تصنيع الأسمدة النيتروجينيه وتحويل النيتروجين الجوى $N_2$ إلى $NH_4$ , $NO_3$ أدى إلى انتاج كميات كبيرة من الأسمدة النيتروجينيه بأسعار معقولة . بالإضافة إلى أن ارتفاع اسعار تداول ونقل الأسمدة العضويه وإنخفاض نسب العناصر الغذائية بها أدى إلى العزوف عن استخدام الأسمدة العضوية والاتجاه إلى الأسمدة الكيميائيه .

٢. تخصص المزارع وتركز مزارع الإنتاج الحيوانى والداجنى فى مناطق محدده بما يعنى التخلص من كميات هائله من مخلفات الحيوانات فى مساحة صغيرة .

**ويمكن تلخيص الأسباب التى تحد من استخدام الأسمدة العضويه والحمأه فى الزراعة فيما يلى :**

١. الأسمدة الحيوانيه والحمأه يعتبران أسمدة مختلفة التركيب وتحتويان على نسب قليلة من العناصر الصالحة للأمتصاص بواسطة النبات ولذلك يجب استخدامهم بمعدلات عالية جدا بالمقارنة بالأسمدة الكيميائية وهذا بالضرورة يستلزم نفقات نقل باهظة خاصة إلى الأراضى القريبة من المدن الكبرى .

٢. تركيز العناصر الغذائية فى الأسمدة العضويه والحمأة تختلف حسب مصدرها وبالتالى فإن معدلات الإضافة المثلى لكل سماد من الصعب التنبؤ به .

٣. يحتوى كلا من الأسمدة العضويه الحيوانية والحمأة على أملاح ذائبة يمكن

أن تسبب مشاكل عند استخدامها كأسمدة خاصة فى الأراضى التى يستخدم فيها الرى فى المناطق الجافة . وفى العديد من الأراضى فإن الغسيل وما يتبعه من تلوث المياه الجوفيه بالعناصر الكبرى وخاصة النترات يعتبر عاملا محددا لإستخدام هذه المخلفات .

٤. تحتوى الحمأه على عناصر ثقيلة تدمص على سطح حبيبات التربه وتتجمع إلى مستويات قد تكون سامه للنبات وبالتالى تضع قيود على نوع المحصول الممكن زراعته نتيجة الخوف من تجمع هذه العناصر فى النبات إلى درجة تصبح معها هذه النباتات سامه للحيوانات وللإنسان وبالتالى تقلل من قيمة المحصول الناتج .

٥. تحتوى الحمأة على بكتريا وفيروسات وطفيليات ممرضه تمثل خطرا صحيا على عمال المزرعة والمستهلكين لانتقالها خلال السلسلة الغذائية وتتوقف درجة الخطورة على طريقة معالجة الحمأة .

٦. طرق إضافة الأسمدة العضويه والحمأة غالبا ذات كفاءة منخفضة ومضيعه للوقت . فعند إضافة الحمأة السائلة إلى سطح التربه لابد وأن تترك فترة زمنية معينة وهذا الوقت المفقود قد ينتج عنه تأخير أعداد التربه للزراعة . أيضا إنتاج الحمأة والمخلفات العضويه هى عملية مستمرة لا تتوقف فى حين أن الأحتياج للأسمدة هو إحتياج موسمى .

٧. الروائح الكريهة المصاحبه للأسمدة العضويه والحمأة يجعل من الصعب على المستهلك أن يقتنع بأن إضافة هذه المخلفات لا تمثل أضرار صحية عليه اذا ماتم إضافتها بالطريقة والمعدلات الصحيحة .

٨. والعقبة التى تقف أمام إستخدام الحمأة فى الإنتاج الزراعى هى أن هيئات حماية البيئه فى كثير من دول العالم تشترط مراقبة وفحص خواص صفات المحصول الناتج وكثير من المزارعين لا يرغبون فى دفع تكاليف المراقبة

والفحص .

**إقتراحات بشأن تشجيع إستخدام الحمأة والمخلفات الحيوانيه فى الزراعة :**

١. تحسين خواص وصفات المنتجات الزراعية المنتجة تحت نظام استخدام الحمأة والمخلفات الحيوانيه لتنافس خواص وصفات المنتجات الزراعية الناتجة تحت نظام الأسمدة الكيميائية وهذا يستلزم نظام مراقبة جيد للأغذية الزراعية .

٢. خفض تركيز العناصر الصغرى والأملاح فى المنتجات الزراعية المنتجة تحت نظام استخدام الحمأة ومياه الصرف الصحى ويمكن أن يتم ذلك عن طريق تحسين نظم جمع ومعاملة مياه الصرف الصحى ومراقبة محتواها من العناصر الصغرى خاصة عند المنبع وقبل أن تصل مياه الصرف الصناعى إلى نظام الصرف الصحى .

٣. تطوير نظم إدارة جديدة تؤدى إلى عدم تأخير تجهيز الأرض فى المزارع التى تستخدم مياه الصرف الصحى والحمأة من شأنه أن يعمل على اقبال المزارعين على استخدامه .

٤. وضع معدلات إضافة آمنه لاستخدام مياه الصرف الصحى والحمأة والمخلفات العضويه سوف يشجع على استخدامها . ويجب أن تكون معدلات الإضافة المقترحة مبنيه على حقائق وتؤكد الاستخدام الآمن الحمأة بدلا من أن تكون مبنيه فقط على القلق والخوف من تأثير استخدام المخلفات الضار على البيئه . فحاليا توجد العديد من الأسئلة التى تتعلق بإضافة مخلفات الحيوانات بمعدلات عالية مثل تأثيرها على صفات وكميات المحصول وتلوث المياه السطحية والجوفيه ولا يوجد لها إجابة شافية ومؤكدة حتى الآن .

**ومخاطر إضافة المخلفات العضويه إلى التربه نوردها فيما يلى :**

**(أ) تلوث المجارى المائيه والبحيرات بالمواد العضويه**

المشكلة البيئيه بالنسبة للمخلفات العضويه عند وصولها للمجارى المائيه سواء بطريق مباشر أو غير مباشر بواسطة الجريان السطحى والغسيل هى تغير صفات وخواص المياه شاملة زيادة تركيز العناصر الغذائية بها والروائح الكريهة وتلوثها بالطفيليات .

**التركيب الكيميائى للمخلفات العضويه**

تحتوى جميع المخلفات العضويه على عناصر أساسية مثل الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والفوسفور والكبريت . وتختلف مكونات المخلفات العضوية الناتجة من التصنيع الزراعى باختلاف المصدر فمثلا مخلفات الصناعات الغذائية تحتوى على قدر كبير من اللجنين والسليلوز أما مخلفات صناعة الورق والسكر فتحتوى على قدر كبير من الكربوهيدرات فى حين أن مخلفات صناعات الألبان واللحوم فتحتوى على قدر كبير من الأحماض الدهنية والبروتين .

**مخلفات الحيوانات Animal wastes**

**تتركب مخلفات الحيوانات أساسا من :**

١. بقايا طعام غير مهضوم الذى هو عبارة عن سيليلوز ولجنين وبعض المواد الدباليه كما يحتوى أيضا على خلايا كائنات حية دقيقة .
٢. النيتروجين فى صورة عضويه (بروتين غير مهضوم وخلايا الكائنات الحية الدقيقة) .
٣. تحتوى الأسمدة العضوية السائلة على قدر كبير من الأمونيا $NH_3$ الذى يتكون من التحلل المائى لليوريا .
٤. ليبيدات بالإضافة مواد شبه دباليه

٥. أنواع عديدة من المضادات الحيويه والهرمونات .

وتختلف مكونات الأسمدة العضوية الحيوانية المضافة للتربه الزراعية فى محتواها من العناصر الغذائية تبعا لنوع الحيوان ونوع الغذاء والمواد المالئه المضافة للغذاء وظروف التخزين . ينخفض النيتروجين الصالح للإمتصاص بواسطة النباتات فى السماد العضوى تبعا لدرجة فقد النيتروجين منه على صورة أمونيا من خلال عملية التطاير أو فقد النترات من خلال عملية الغسيل فالسماد العضوى الذى يتعرض لدورات إبتلال وتجفيف يكون عرضه لفقد كميات كبيرة من النيتروجين ويصبح النيتروجين المتبقى كمية قليلة لا تفى باحتياجات النبات . ويوضح الجدول (3-13) التركيب الكيميائى للأسمدة العضوية الحيوانية .

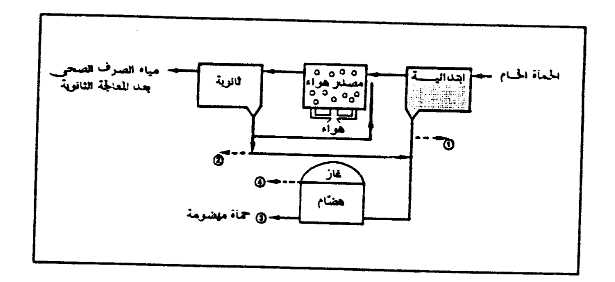
جدول (3-13) : التركيب الكيميائى للأسمدة العضوية الحيوانية

| المكونـــــات | المـــــدى (%) |
|---|---|
| مركبات ذائبة فى الكحول | 1.8 – 2.8 |
| مركبات ذائبة فى الماء البارد | 3.2 – 19.2 |
| مركبات ذائبة فى الماء الساخن | 2.4 – 5.7 |
| هيمسيليلوز | 18.5 – 23.5 |
| سيليلوز | 18.7 – 27.5 |
| لجنين | 14.2 – 20.7 |
| نيتروجين كلى | 1.1 – 4.1 |
| رماد | 9.1 – 17.2 |

Mc calla et al. (1977). Soils for management of organic wastes and waste waters ASA Wis. 9 – 43.

### الحمـــأة Sewage sludge

**يطلق اسم الحمأة هنا (Sewage sludge) على المخلفات الصلبة بعد المعالجة الحرارية واللاهوائية ويوضح الشكل (1-13) الطريقة المتبعة لمعالجة مياه الصرف الصحى وفيما يلى وصف مختصر لعمليات المعالجة المختلفة .**




**شكل (13-1) : رسم تخطيطى يوضح خطوات المعالجة البيولوجيه لمياه الصرف الصحى .**

**<u>المعالجة الإبتدائية Primary Treatment</u>**

وهى عبارة عن عملية حجز وترسيب المواد الصلبه الموجودة فى مياه الصرف الصحى . والمياه الناتجة من هذه المعالجة تحتوى على مواد صلبه عالقة لم تترسب بالإضافة إلى مركبات عضويه وغير عضويه ذائبه فى الماء كما تحتوى ايضا على طفيليات وكائنات حية دقيقة .

**المعالجة الثانوية Secondary Treatment**

وهذه العملية الغرض منها خفض كمية المواد الصلبه وإزالة المواد المستهلكة للأكسجين وتشمل المعالجة الثانوية الخطوات التالية :

أ. معالجة إبتدائية ويتم فيها حجز المواد الصلبه والأتربه والرمال والحمأة فى الترسيب الأبتدائى .

ب. أحواض نهريه أو مرشحات بيولوجيه ويتم فيها أكسدة المواد العضوية .

ت. ترسيب ثانوى ويتم فيها ترسيب الحمأة الناتجة من أحواض التهوية .

وفى طريقة المعالجة الثانوية يتم جرى عمليتين بيولوجيتين مختلفتين وهما الهضم الهوائى واللأهوائى aerobic & anaerobic digestion وفى هذه المرحلة تموت الكائنات الحية الدقيقة أما المياه الناتجة فتحتوى على تركيزات عالية من العناصر الغذائية والحمأة الناتجة من المعالجة الثانوية غالبا ما يتم إضافتها للأراضى الزراعية .

**المعالجة المتقدمة Advanced Treatment**

وتستخدم هذه المعالجة لتنقية المياه بصورة أفضل ولإزالة نسبة كبيرة من الفوسفور غير العضوى تصل إلى % 30 . وفى هذه المرحلة تستخدم طرق كيميائية وبيولوجية كثيرة منها إضافة الحجر الجيرى لترسيب الفوسفور واستخدام المرشحات لإزالة الخلايا البيولوجية والمواد العضوية العالقة واستخدام الفحم النشط لإدمصاص المركبات العضوية .

الكميات الهائلة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحى تمثل مشكلة كبرى من ناحية تخزينها والتخلص منها . ويعد استخدام الحمأة فى الإنتاج الزراعى بإضافتها للأراضى الزراعية أحد الحلول الجذابة لهذه المشكلة اذا ما قورنت بالطرق الأخرى المستخدمة والتى يعد أغلبها طرقا مدمرة للبيئه. علما بأن إضافة الحمأة إلى الأراضى الزراعية لا يمثل تهديدا حقيقيا للبيئه إذا

ما تم إضافتها بمعدلات مناسبة لا تسمح بزيادة تركيز العناصر الغذائية فى التربه . والحقيقة أن الاعتراضات على إضافة الحمأة للتربه هى اعتراضات على معدل وفترة إضافة الحمأة ونوع الحمأة المضافة للتربه (حمأة غير معالجة أو معالجة ابتدائيا) وليس على مبدأ إضافة الحمأة إلى التربه الزراعية .

فرص الأستخدام الآمن للحمأة فى الإنتاج الزراعى تزيد زيادة كبيرة بعد معاملتها بيولوجيا لأن ذلك يقلل من مخاطر إضافة البكتريا الممرضة ويزيل الروائح الكريهة بها . فالمعاملة البيولوجية لمياه الصرف الصحى تهدف أساسا إلى قتل البكتريا الممرضة وخفض كمية المواد الصلبة العالقة وخفض المواد المستهلكة للأكسجين فى المياه إلى الحد الذى يسمح بالتخلص من هذه المياه فى البحيرات والمسطحات المائية دون أن يمثل خطرا على البيئه . ونظرا للقيود الشديد المفروضة محليا عالميا على خواص وصفات مياه الشرب فإنه من المتوقع فى المستقبل أن توضع قيودا شديدا على التخلص من هذه المياه فى البحيرات واستخدامها بدلا من ذلك فى الأغراض الزراعية .

الناتج النهائى المتحصل عليه من المعالجة البيولوجية لمياه الصرف والذى يستخدم ف الإنتاج الزراعى هو عبارة عن ناتج غليظ القوام ذو رائحة ولا يحتوى على مواد صلبه خام أو غير مهضومه وأغلب الحمأة الناتجة من محطات الصرف الصحى تحتوى على 5% - 2 مواد صلبه أما المياه الناتجة فتكون سوداء اللون تحتوى على مواد صلبه وغرويات عالقه .

والجزء الصلب من الحمأة يتكون تقريبا من نسب متساوية من المواد العضويه وغير العضويه . وتشمل المواد غير العضويه عناصر B, Mn, Ni. Cr, Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Cl, S, K, P, N وغيرها أما المواد العضويه فهى مخلوط معقد يتكون من : —

أ- مكونات مهضومه digested مقاومة للتحلل اللأهوائى .

ب- خلايا كائنات دقيقة حية وميته .

ج- مركبات تم تخليقها بواسطة الكائنات الحية الدقيقة خلال عملية الهضم .

والمكون العضوى من الحمأة يكون غالبا غنى بعناصر النيتروجين والفوسفور والكبريت وتتراوح نسبة C/N فى الحمأة المهضومه بين 12 – 7 وبمتوسط حوالى 10 ومحتوى الحمأة من النيتروجين الصالـــح للنبـــات ($NO_3$ , $NH_4$) يكون منخفضا نتيجة المعالجة البيولوجية التى تعمل على ثبات النيتروجين العضوى .

يتغير التركيب الكيميائى للحمأة المهضومه digested من مدينة لأخرى ومن منطقة لأخرى ويوضح جدول (13-4) التركيب الكيميائى للحماء المهضومه .

**جدول (13-4) : التركيب الكيميائى للحماه المهضومه**

| المكـــــون | مدى % للمادة العضويه |
|---|---|
| دهون وزيوت وشموع | 19.1 – 19.8 |
| راتنجات | 3.8 – 8.2 |
| عديد السكريات الذائب فى الماء | 3.2 – 14.4 |
| هيميسليلوز | 4.0 – 6.0 |
| سيليلوز | 3.2 – 3.5 |
| لجنين — دبال | 14.5 – 16.8 |
| بروتين (N × 6.25) | 24.1 – 39.6 |

**Varanka et al., (1976) J. Water Pollut . Control fed 48, 1728.**

**وتحتوى الحمأة كما سبق ذكره سابقا على كميات كبيرة من العناصر الصغرى والسامه ويتواجد الزنك والنحاس والنيكل والكادميوم والزئبق والرصاص بكميات كبيرة قد تكون سامه للنبات علما بأن صلاحية أى عنصر للنبات يتوقف على عديد من العوامل منها درجة حموضة التربه ومحتوى التربه من الماده العضويه ونوع وكميات معادن الطين والسعه التبادليه الكاتيونيه للتربه وغيرها.**

## تحلل المخلفات العضويه فى التربه

نظرا للتركيب الكيميائى المعقد للمخلفات العضوية فإن العديد من الكائنات الحية الدقيقة تشترك فى عملية تحلل هذه المخلفات . وسوف نضرب مثلا بالخطوات التى تمر بها تحلل المخلفات النباتية فى التربه فالمخلفات النباتية تمر بعدة مراحل لكى تتحلل . فتلعب الديدان الأرضية وحيوانات التربه دورا كبيرا فى خفض حجم بقايا النباتات الطازجة ويعقب ذلك تحولات عديدة لهذه البقايا عن طريق الإنزيمات التى تفرزها الكائنات الحية الدقيقة . وتتميز المرحلة الأبتدائية لتحلل الميكروب بفقد سريع للمواد العضوية سهلة التحلل وتتوقف كمية الكربون الناتجة من التحلل والمستخدمة لتكوين خلايا جديدة على طبيعة ونوعية الكائنات الحية الدقيقة فى التربه لذلك فالكربون المتاح لتخليق خلايا ميكروبيه جديدة يتراوح بين 70% – 10. والبكتريا المكونة للجراثيم ، molds تعتبر من أنشط الأنواع فى استهلاك البروتين والنشا والسليلوز ونواتج تحلل هذه المواد يشمل $NH_3$ وكبريتيد الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون والأحماض العضويه . وتلى المرحلة السابقة هجوم ميكروبى على الأحماض الوسيطة الناتجة والخلايا المتكونة ينتج عنه مواد حيويه جديدة وفقد للكربون على صورة $CO_2$ . وتتميز المرحلة النهائية بتحليل تدريجى للمكونات النباتية المقاومة للتحلل مثل اللجنين الذى تلعب الاكيتينوميسيتات والفطريات دورا كبيرا فى تحلله .

ويمكن تقسيم مراحل التحلل الميكروبى للبقايا العضويه فى التربه كما يلى :

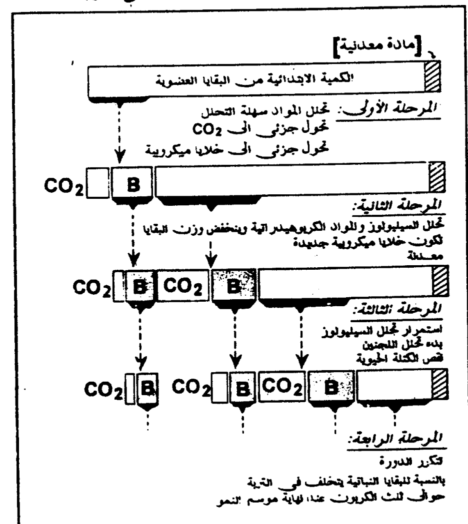
**المرحلة الأولى** : ويتم فيها تحلل المواد العضويه سهلة التحلل وتحول جزئى للكربون إلى $CO_2$ وتخليق خلايا جديدة .

**المرحلة الثانية** : وفيها يتم استهلاك السليلوز والكربوهيدرات يعقبه نقص فى كمية البقايا العضويه . وفى هذه المرحلة تتكون خلايا ميكروبيه جديدة ويحدث معدنه لبعض المكونات العضويه .

**المرحلة الثالثة** : يزداد تحلل السليليوز ويبدأ تحلل اللجنين وتصاحب هذه المرحلة نقص أكبر فى كمية البقايا العضويه .

**المرحلة الرابعة**: يستمر التحلل وبالنسبة للبقايا النباتية يتخلف منها فى التربه حوالى 1/3 الحجم الأبتدائى فى نهاية موسم النمو .

**ويصور الشكل (13-2) مراحل تحلل البقايا النباتية في التربه :**




**شكل (13-2) : مراحل التحلل الميكروبى للبقايا العضويه النباتية فى التربه . الحرف (B) يمثل الكتلة الحيويه . كل مرحلة من المراحل يحدث فيها تحول جزئى للكربون إلى $CO_2$ وتخليق أنسجة ميكروبيه جديدة .**

ويلاحظ تحلل مكونات البقايا النباتية بمعدلات مختلفة فنجد أن السكريات البسيطة والأحماض الأمينيه والبروتينات وبعض السكريات العديدة تتحلل بسرعة جدا فى مدة لا تزيد عن ساعات أو أيام . أما الجزيئات الكبيرة فى

البقايا النباتية فيجب أن تتكسر إلى وحدات بسيطة قبل تحللها وهو عادة ما يتم بواسطة الإنزيمات المفرزه بواسطة الكائنات الحية الدقيقة . وعديد السكريات والبروتينات تتحلل كما يلى .

**Polysaccharides → Oligosaccharides → Simple sugars**

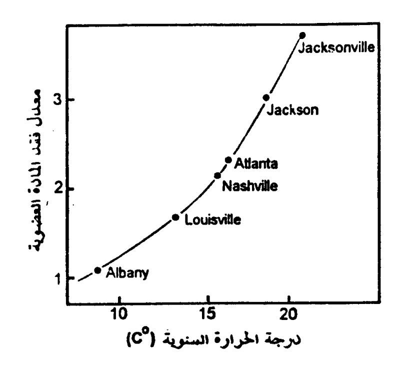
**Proteins → Peptides → amino acids**

وتحلل الجنين بواسطة الفطريات الدقيقة يؤدى إلى تحرر وحداته التى هى عبارة عن Phenylpropane ($C_6 - C_3$) التى بدورها تتحلل إلى مركبات فينولية بسيطة .

وأيضا يلاحظ أن نواتج تحلل البقايا النباتية مثل السكريات والأحماض الأمينيه والفينولات يستخدم لبناء خلايا ميكروبيه جديدة التى لا تلبث أن تموت وتتحلل . وكما يحدث فى تحلل البقايا النباتية والحيوانية فإن مكونات الخلايا الميكروبيه تتحلل بمعدلات مختلفة فنجد أن البروتينات والمركبات الكيموحيويه تتحلل بسرعة فى حين أن جدران الخلايا تكون مقاومه للتحلل .

وبوجه عام فإن المخلفات العضويه بأنواعها المختلفة يتوقع أن تتبع نفس المراحل السابق ذكرها عند تحللها فى التربه إلا أن الحمأة المعالجة digested قد تكون أكثر مقاومة للتحلل من البقايا النباتية نتيجة لمرورها بتحولات بيولوجيه سابقة بالإضافة إلى احتواؤها على تركيزات عالية من المواد غير العضويه .

ويتوقف درجة تحلل المواد العضويه على درجة الحرارة فيزيد معدل تحللها بزيادة درجة الحرارة وذلك راجع إلى زيادة النشاط الميكروبى بزيادة درجة الحرارة . ويوضح الشكل (13-3) تأثير متوسط درجة الحرارة السنوى على معدل فقد المادة العضويه فى مناطق ذات درجات حرارة مختلفة .




شكل (13-3 ) : تأثير متوسط درجة الحرارة السنوى على معدل فقد المادة العضويه .

**إدارة المخلفات العضوية لتعظيم الاستفادة من النيتروجين**

تتوقف معدلات إضافة المخلفات العضويه إلى الأراضى الزراعية على كمية العناصر الكبرى (N, P, K) التى ستصبح صالحة للإمتصاص بواسطة النبات خلال العام الذى تتم فيه الإضافة . وفى الوقت نفسه قد توجد قيود على معدلات الإضافة المسموح بها تبعا لمحتوى المخلفات العضويه من العناصر السامه . لذلك سوف نناقش هنا الحالة التى يتم فيها إضافة المخلفات العضويه تبعا لمحتواها من النيتروجين وتوجد مشكلة فقد $NO_3$ بالغسيل وسوف نركز فى مناقشتنا على الأسمدة العضويه-الحيوانية آخذين فى الاعتبار أن المبادىء الأساسية التى تحكم هذه الحالة هى نفسها التى يجب تطبيقها عند إضافة كافة أنواع المخلفات العضويه .

والمشكلة التى نحن بصدد مناقشتها تعتبر غاية فى التعقيد وذلك لتعدد صور النيتروجين المختلفة التى نتعامل معها وأيضا لصعوبة التنبؤ بأى من صور النيتروجين سوف تتواجد وزمن تواجدها . ويمكن القول بوجه عام أن كمية $NO_3$ الناتجة والتى سوف تصبح صالحة للإمتصاص بواسطة النبات أو تتعرض للغسيل أو لعملية عكس النترته هى عبارة عن الفرق بين الكمية الكلية للنيتروجين المضاف والكمية الممسوكة فى التربه والموجودة فى صورة عضويه (كمية النيتروجين المتبقى فى الأرض فى نهاية موسم النمو) . وكمية النيتروجين التى يتم مسكها فى التربه تتوقف بدرجة كبيرة على الكربون الممسوك بالتربه والذى يقدر تقريبا بحوالى 1/3 الكربون المضاف إلى التربه وأن كانت بعض الأبحاث أوضحت أن حوالى 50% من الكربون سوف يمسك فى التربه عند إضافة الأسمدة العضويه الحيوانية إلى التربه بمعدلات عالية ويرجع ذلك غالبا إلى حقيقة إحتواء الأسمدة العضويه على مواد شبه دباليه تكون مقاومه نسبيا للتحلل .

وترجع أهمية ما ذكر عن الكربون أن النيتروجين يمسك immobilized فى التربه مع الكربون بنسبة 10 أجزاء كربون إلى 1 جزء نيتروجين وهى تقريبا نفس نسبة C/N فى خلايا الكائنات الحية الدقيقة . وعلى ذلك فإضافة مخلفات عضويه إلى التربه بمعدل 10 طن (وزن جاف) سوف يتخلف منها فى التربه بعد عام من الإضافه حوالى 1/3 هذه الكمية فى صورة معدله والتى تقدر بحوالى 3,300 كجم . وبأفتراض أن 90% من المادة الجافه فى السماد العضوى هى عبارة عن مواد عضويه تحتوى على 50% كربون أى أن حوالى 1500 كجم سوف تبقى فى التربه وأن 1/10 هذه النسبة من N (150 kg) سوف تبقى ايضا فى التربه أما اذا افترضنا بقاء 50% من الكربون المضاف إلى التربـــه فإن 225 kg من النيتروجين سوف يتبقى فى التربه .

ويوضح الجدولين (13-5 ,13-6) كمية النيتروجين غير العضوى المتوقع

تحررها عند إضافة 10 ,20 طن من السماد العضوى المحتوى على نسب مختلفة من النيتروجين (فى حالة تبقى 30% من الكربون ، 50% من الكربون بالترتيب) . علما بأن السماد الحيوانى المكمور يحتوى على حوالى 2.5–3.5% N فى حين أن السماد الحيوانى الطازج فيحتوى على حوالى N 4% ونسبة رطوبة 75% .

**جدول (5-13) : الميزان النيتروجينى عند إضافة 10 ,20 طن سماد عضوى سنويا يحتوى على نسب مختلفة من النيتروجين (فى حالة تبقى 1/3 كربون فى التربه)**

| N % | 10 طن | | | 20 طن | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | N كلى | يتخلف مع البقايا | Nغير عضوى | N الكلى | ممسوك مع البقايا | N غير عضوى |
| 1.5 | 150 | 150 | - | 300 | 300 | - |
| 2.0 | 200 | 150 | 50 | 400 | 300 | 100 |
| 2.5 | 250 | 150 | 100 | 500 | 300 | 200 |
| 3.0 | 300 | 150 | 150 | 600 | 300 | 300 |
| 4.0 | 400 | 150 | 250 | 800 | 300 | 500 |
| 5.0 | 500 | 150 | 350 | 1.000 | 300 | 700 |

**جدول (13-6) : الميزان النيتروجينى عند إضافة 10 ,20 طن سماد عضوى سنويا يحتوى على نسب مختلفة من النيتروجين (فى حالة تبقى ½ الكربون فى التربه) .**

| % N | 10 طن<br>N كلى | ممسوك مع البقايا | N غير عضوى | 20 طن<br>N الكلى | ممسوك مع البقايا | N غير عضوى |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.0 | 200 | 225 | - | 400 | 450 | – |
| 2.5 | 250 | 225 | 25 | 500 | 450 | 50 |
| 3.0 | 300 | 225 | 75 | 600 | 450 | 150 |
| 3.5 | 350 | 225 | 125 | 700 | 450 | 250 |
| 4.0 | 400 | 225 | 175 | 800 | 450 | 350 |
| 5.0 | 500 | 225 | 275 | 1.000 | 450 | 500 |

يوضح الجدول (13-7) كميات الأسمدة المطلوب إضافتها للتربه للحصول على كميات 90, 180 كجم من النيتروجين الصالح للنبات .

**جدول (13-7) : كمية السماد العضوى بالطن الواجب إضافتها للهكتار للحصول على 90, 180 كجم نيتروجين صالح للنبات (معدنى) .**

| محتوى السماد من النيتروجين % | 1/3 الكربون متبقى<br>90 kg N | 1/3 الكربون متبقى<br>180 kg N | ½ الكربون متبقى<br>90 kg N | ½ الكربون متبقى<br>180 kg N |
|---|---|---|---|---|
| 2.0 | 20 | 40 | - | - |
| 2.5 | 10 | 20 | 40 | 80 |
| 3.0 | 7 | 14 | 13 | 26 |
| 3.5 | 5 | 10 | 8 | 16 |
| 4.5 | 4 | 8 | 6 | 12 |

يجب التنويه أن الجداول السابقة تعبر عن إضافة واحدة فقط من السماد ولذلك فعند إضافة معدلات متتالية لمدة سنين متعاقبة يجب تغيير طريقة الحساب بحيث نأخذ فى الأعتبار المواد العضويه المتبقية من السنة الأولى وتحللها فى السنوات التالية مما ينتج عنه تحرر وانطلاق كميات من النيتروجين المعدنى . ولحساب ذلك تقريبا يفترض أن حوالى ¼ – 1/3 النيتروجين المتبقى سوف يحدث له معدنه فى السنة التالية حتى ينتهى كل النيتروجين المتبقى فى حوالى خمسة أعوام ومن الناحية العملية فهذا يعنى أن معدل إضافة السماد العضوى يجب أن يتناقص كل عام ولمدة خمسة أعوام وبعد ذلك (خمسة أعوام) يمكن إعتبار أن محتوى السماد العضوى من النيتروجين كلية عبارة عن نيتروجين صالح بالنسبة للنبات لأن الكمية من النيتروجين التى سوف تمسك فى التربه وتبقى سوف يتم تعويضها من معدنه النيتروجين العضوى المتبقى من الإضافات السابقة .

**حساب معدل إضافة الحمأه للأراضى الزراعية**

**Calculating Application Rates of Sewage Sludge on Cropland**

سوف نعطى هنا مثال لتوضيح كيفية حساب معدل إضافة الحمأه للأراضى الزراعية تبعا للقواعد التى تم شرحها سابقا وفى هذا المثال يتم الحساب على خمس خطوات هى :

١. مكونات الحمأة ومعلومات عن التربه .
٢. إحتياجات المحصول من العناصر الغذائية .
٣. تقدير معدل الإضافه السنوى للحمأه .
٤. تقدير معدل إضافات السماد الفوسفورى والنيتروجينى .
٥. تقدير الكمية الكلية المسموح بإضافتها من الحمأه وعدد السنوات .

وقبل أن نبدأ فى شرح الطريقة لابد من توافر المعلومات التالية :

**<u>١.بيانات عن مكونات الحمأه (Sewage sludge)</u>**

أ.النيتروجين الكلى (N) ب.الأمونيوم ($NH_4 - N$)
ج.النترات ($NO_3 - N$) د.الفوسفور (P)
هـ.البوتاسيوم (K) و.الرصاص (Pb)
ث.الزنك (Zn) ح.النحاس (Cu)
ت.النيكل (Ni) ك.الكادميوم (Cd)

**<u>٢.بيانات عن التربه والمحصول</u>**

أ.الفوسفور الميسر والبوتاسيوم الميسر .
ب.توصيات الأسمدة بالنسبة للنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم .
ج. درجة حموضة التربه (pH).
د.السعة التبادلية الكاتيونية للتربه .

**القسم الأول : مكونات الحمأه ومعلومات عن التربه**

**مكونات الحمأه**

| | |
|---|---|
| النيتروجين الكلى | 5 % |
| الأمونيوم | 2 % |
| النترات | 0 % |
| الفوسفور | 2 % |
| البوتاسيوم | 0.1 % |
| Zn | 3000 ppm |
| Pb | 500 ppm |
| Cu | 1000 ppm |
| Ni | 50 ppm |
| Cd | 20 ppm |

**بيانات التربه**

| | |
|---|---|
| القوام | Loam |
| درجة الحموضه(pH) | 6.5 |
| الفوسفور الميسر | 28 kg/ha |
| البوتاسيوم المتبادل | 190 kg/ha |
| CEC | 12 cmol/kg |

**القسم الثانى : إحتياجات المحصول من المغذيات**

**نوع النبات والمحصول لكل هكتار**

ذره 10,000 kg/ha

**العناصر الكبرى التى يحتاجها النبات لكل هكتار**

| | |
|---|---|
| $N =$ | 190.4 kg/ha |
| $P_2O5 =$ | 67.2 kg/ha |
| $K_2O =$ | 78.4 kg/ha |

**القسم الثالث : تقدير معدل الإضافه السنوى من الحمأه**

**١. حساب كميات صور النيتروجين المختلفة**

**أ. النسبة المئوية للنيتروجين العضوى**

% النيتروجين العضوى = N % الكلى − % الأمونيوم − % النترات

% N العضوى = 0 − 2 − 5 = 3 %

**ب . النيتروجين العضوى بالكجم/طن**

النيتروجين العضوى= % النيتروجين العضوى × 1.82=

= 3 × 1.82 =5.46 kg N/Ton

**ج. الأمونيوم بالكجم/طن**

الأمونيوم بالكجم/طن = % أمونيوم × 9 =

= 2 × 9 = 18 كجم/طن

**د. النترات بالكجم/طن**

النترات بالكجم/طن = % للنترات × 9

= 0 × 0 = 0 كجم/طن

**٢.حساب النيتروجين الصالح (الميسر) للنبات فى الحمأه**

**أ.فى حالة خلط الحمأه مع التربه**

**النيتروجين الصالح بالكم/طن = النيتروجين العضوى + الأمونيوم + النترات**

**= 5.46 + 18 + 0 = 23.5 كجم/طن**

**ب.الإضافه السطحية للحمأه (بفترض أن نصف الأمونيوم تفقد بالتطاير)**

**النيتروجين الصالح بالكجم/طن =** $5.45 + \frac{18}{2} + 0 = 14.45$ **كجم/طن**

**٣. تعديل توصيات الأسمدة النيتروجينيه بالأخذ فى الأعتبار النيتروجين المتبقىResidual N الناتج من الإضافه السابقه للحماه لمدة ٣ سنوات .**

**0.46 × % organic N × tons sludge/acre = lbs residual N/acre**
**0.46 × % organic N × tons sludge/acre = lbs residual N/acre × 1.12 = kg residual N/ha**

**أ.الحماه المضافه سابقا لمدة 1 عام**

**0.46 × 0 × 0 × 1.12 = 0 kg residual N/ha**

**ب.الحماه المضافه سابقا لمدة 2 عام**

**0.46 × 0 × 0 × 1.12 = 0 kg residual N/ha**

**ج. الحماه المضافه سابقا لمدة 3 سنوات**

**0.46 × 0 × 0 × 1.12 = 0 kg residual N/ha**

د. النيتروجين المتبقى الكلى Total residual N

الخطوة أ + الخطوة ب + الخطوة جـ

0 + 0 + 0 = 0 كجم نيتروجين هكتار

**هـ. تعديل الأحتياجات النيتروجينية**

إحتياجات النبات كجم N /هكتار = إحتياجات النبات N/هكتار – النيتروجين المتبقى

كجم N/هكتار= 0 - 190.4 = 190.4

**٤.حساب معدل إضافة الحماه السنوى تبعا لإحتياجات المحصول من النيتروجين**

= توصيات السماد المعدله نتيجة إضافة الحماه سابقا / النيتروجين الميسر للنبات فى الحماه

**أ. فى حالة الإضافه بالخلط Incorporation**

$\frac{190.4}{23.5} = 8.1$ Ton sludge/ha

**ب . فى حالة الإضافه على السطح**

$\frac{190.4}{14.45}$ = 13.2 Ton sludge/ha

**٥.حساب معدل الإضافه السنوى للحمأه تبعا لحدود الكادميوم**

**أ. حساب محتوى الحمأه من الكادميوم لكل طن**

**ppm Cd × 0.001 = kg Cd/ ton of sludge**
**20 × 0.001 = 0.020 kg Cd/ton of sludge**

**ب. حساب كمية الحمأه الواجب إضافتها لتعطى 2 kg Cd/ha**

**2 kg Cd/ha ÷ kg Cd/ton = ton sludge/ha**
**2 kg Cd/ha ÷ 0.02 kg Cd/ton = 100 ton sludge/ha**

**٦. اختيار معدل الإضافه السنوى المثالى لكل هكتار**

بصفة عامه يتم إختيار معدل الإضافه الأقل المحسوب من الخطوتين 4 , 5 .

**أ. فى حالة خلط الحمأه بالتربه**

**8.1 ton sludge/ha**

**ب. فى حالة الإضافه السطحية**

**13.2 ton sludge/ha**

## <u>القسم الرابع</u> : حساب كميات الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية الواجب إضافتها

**١. الفوسفور**

**أ. $P_2O_5$ الموجود فى الحمأه المضافه**

**Tons sludge/ha × % P × 45.8 × 1.12 = kg $P_2O_5$/ha**
**8.1 × 2 × 45.8 × 1.12 = 831 kg P2O5/ha**

**ب. كمية السماد الفوسفاتى الواجب إضافتها**

كمية السماد الواجب إضافتها kg $P_2O_5$/ha =

**إحتياجات المحصول من الفوسفور – كمية الفوسفورالموجود فى الحمأه المضافه**

**= 67.2 - 831 - 764 kg $P_2O_5$/ha**

عندما تكون الإجابه بالسالب فهذا يعنى عدم إضافة سماد

٢. البوتاسيوم

أ. $K_2O$ الموجود فى الحمأه المضافه

Tons sludge/ha × % K × 24 × 1.12 = kg $K_2O$/ha
8.1 × 0.1 × 24 × 1.12 = 21.7

ب. كمية السماد البوتاسى الواجب إضافته

السماد البوتاسى الواجب إضافته =

احتياجات المحصول من البوتاسيوم − كمية البوتاسيوم الموجوده فى الحمأه المضافه

78.4 – 21.7 = 56.7 kg $K_2O$/ha

القسم الخامس : حساب الكمية الكلية المسموح إضافتها من الحمأه وعدد سنوات الإضافه

١. يتم حساب كميات الحمأه الواجب إضافتها للوصول إلى الحدود القصوى المسموح إضافتها من العناصر الصغرى (جدول 8-4) .

الكمية القصوى المسموح إضافتها (لكل هكتار)=

[الكمية القصوى المسموح إضافتها من العنصر ÷ (تركيز العنصر فى الحمأه × 0.001)]

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pb = | [1000 ÷ (500 × 0.001)] | = 2000 | ton sludge/ha |
| Zn = | [500 ÷ (3000 × 0.001)] | = 166 | ton sludge/ha |
| Cu = | [250 ÷ (1000 × 0.001)] | = 250 | ton sludge/ha |
| Ni = | [100 ÷ (50 × 0.001)] | = 2000 | ton sludge/ha |
| Cd = | [10 ÷ (20 × 0.001)] | = 500 | ton sludge/ha |

هنا أقصى كمية مسموح إضافتها هى 166 ton sludge/ha

٢. حساب أقصى عدد سنوات الإضافه

عدد السنوات = أقصى كمية حمأه مسموح إضافتها للهكتار / كمية الحمأه المضافه سنويا

أ. فى حالة الإضافه بالخلط incorportion

عدد السنوات = 166 / 8.1 = 20 سنة

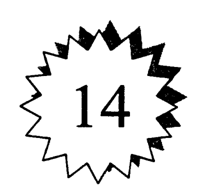
ب. فى حالة الإضافه السطحية

عدد السنوات = 166 / 13.2 = 12 سنة




## مكونات النبات من العناصر

- ❖ محتوى النبات من العناصر
- ❖ ميكانيكية إمتصاص العناصر
- ❖ التضاد والتنافس بين الأيونات
- ❖ إستجابة النبات للتسميد
- ❖ العلاقة الرياضية بين السماد المضاف والمحصول الناتج



# مكونات النبات من العناصر

**Elemental Composition of Plants**

يختلف محتوى النبات من أي عنصر تبعا لنوع النبات ومرحلة النمو وظروف البيئة التي ينمو فيها النبات . ويمكن أن يؤثر مدى صلاحية العنصر في التربة على محتوى النبات من العناصر في حدود ضيقة بدون أن يتأثر المحصول ولكن عندما يقل محتوى النبات من العناصر عند مستوى معين لكل عنصر يبدأ المحصول بالتغير والنقصان .

أيضا يمكن لجودة المحصول أن تتأثر بدون أن يصاحب ذلك تغير في المحصول ومثال ذلك تغير محتوى النبات من البروتين تبعا لكفاية الإمداد النيتروجيني .

**محتوى النبات من العناصر**

تمتص النباتات جميع العناصر المتاحة لها بغض النظر عن إحتياجها لها فقد تحتوى أنسجة النبات بعض العناصر التي لا تحتاجها مثل الفضة والذهب . كما أن سمية بعض العناصر مثل الزرنيخ والسيلينيوم والزئبق لا تمنع النباتات

من امتصاص أيونات هذه العناصر على الرغم من وجود بعض الإختياريه في امتصاص العناصر . وغالبية النباتات تمتص قدر أكبر نسبيا من

عنصر البوتاسيوم بالمقارنة بعناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم أما بالنسبة للأنيونات فتمتص النباتات مقدار أكبر من أنيون النترات بالمقارنة بالأنيونات الأخرى . ويوضح الجدول (14-1) متوسط التركيب العنصري لبعض أنواع النباتات . ويتضح من الجدول اختلاف النباتات جوهريا فيما بينها في محتواها من العناصر المختلفة وأيضا اختلاف تركيز العناصر في النباتات باختلاف نوع النبات . كما يوضح الجدول أيضا اختلاف أجزاء النبات الواحد في محتواها من العناصر الغذائية كما هو واضح من المقارنة بين محتوى قش الذرة وحبوب الذرة من العناصر المختلفة .

أيضا يلاحظ من الجدول أن عناصر الأكسيجين والكربون والهيدروجين تمثل الجزء الأعظم من وزن النبات كما أن البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم تمثل حوالي %90-80 من محتوى النباتات من الكاتيونات بينما أنيونات الفوسفور والنيتروجين والكبريت والكلور تمثل أكثر من %90 من المحتوى الكلى للنباتات من الأنيونات .

وبمقارنة الأنيونات والكاتيونات ذات التركيز الأعظم في النبات على أساس النسبة المئوية للوزن والمليمكافئات (جدول 14-2) وجد أن أنيونات العناصر على أساس المليمكافئات تزيد زيادة ملحوظة عن كاتيونات العناصر في كل من الحشائش والبقوليات .

جدول (14-1): متوسط محتوى بعض النباتات من العناصر المختلفة (جزء في المليون (ppm) للمادة الجافة) .

| العنصر | قش الذرة | حبوب الذرة | حبوب القمح | بذور فول الصويا | برسيم العلف |
|---|---|---|---|---|---|
| O | 450,000 | - | - | - | - |
| C | 440,000 | - | - | - | - |
| H | 63,000 | - | - | - | - |
| N | 13,000 | 14,400 | 21,100 | 60,600 | 24,500 |
| Si | 12,000 | - | - | - | - |
| K | 9,000 | 2,900 | 4.200 | 15,000 | 19.700 |
| Ca | 2,500 | 200 | 400 | 2,500 | 14,700 |
| P | 1,600 | 2,700 | 3.900 | 5.900 | 2,400 |
| Mg | 1,600 | 1,000 | 1.400 | 2.800 | 3,100 |
| S | 1,500 | 1,200 | 2000 | 2200 | 2,900 |
| Cl | 1,500 | 400 | 800 | 300 | 2,800 |
| Al | 1,100 | - | - | - | - |
| Na | 300 | 100 | 600 | 2200 | 1500 |
| Fe | 90 | 30 | 60 | 80 | 270 |
| Mn | 60 | 5 | 40 | 30 | 60 |
| Zn | 30 | 10 | 5 | - | 50 |
| B | 10 | - | - | - | - |
| Cu | 5 | 3 | 8 | 15 | 18 |
| Mo | 1 | - | - | - | - |

جدول (14-2): متوسط التركيب الكيمائى للحشائش والبقوليات

| العنصر | % الوزن | | مليمكافئ / 100جم | |
|---|---|---|---|---|
| | حشائش | بقوليات | حشائش | بقوليات |
| بوتاسيوم | 1.54 | 1.13 | 39 | 29 |
| كالسيوم | 0.33 | 1.47 | 16 | 73 |
| مغنسيوم | 0.21 | 0.38 | 17 | 32 |
| صوديوم | 0.18 | 0.24 | 8 | 10 |
| مجموع المليمكافئ | | | 80 | 144 |
| نيتروجين | 0.99 | 2.38 | 71 | 170 |
| فوسفور | 0.22 | 0.21 | 6 | 7 |
| كبريت | 0.15 | 0.22 | 9 | 14 |
| كلوريد | 0.37 | 0.38 | 10 | 11 |
| مجموع المليمكافئ | | | 96 | 202 |

يعتبر النيتروجين هو أكثر العناصر الممتصة بواسطة النباتات على صورة أنيونات . ويعتبر البوتاسيوم من أكثر الكاتيونات امتصاصا بواسطة الحشائش أما في حالة البقوليات فإن أكثر الكاتيونات امتصاص هو الكالسيوم ويرجع ذلك إلى ارتفاع السعه التبادلية الكاتيونية لجذور البقوليات بالمقارنة بجذور الحشائش وبالتالى فإن جذور البقوليات تكون لها قدرة أكبر على جذب الكاتيونات الثنائية .

**ميكانيكية امتصاص العناصر Mechanism of Nutrients Uptake**

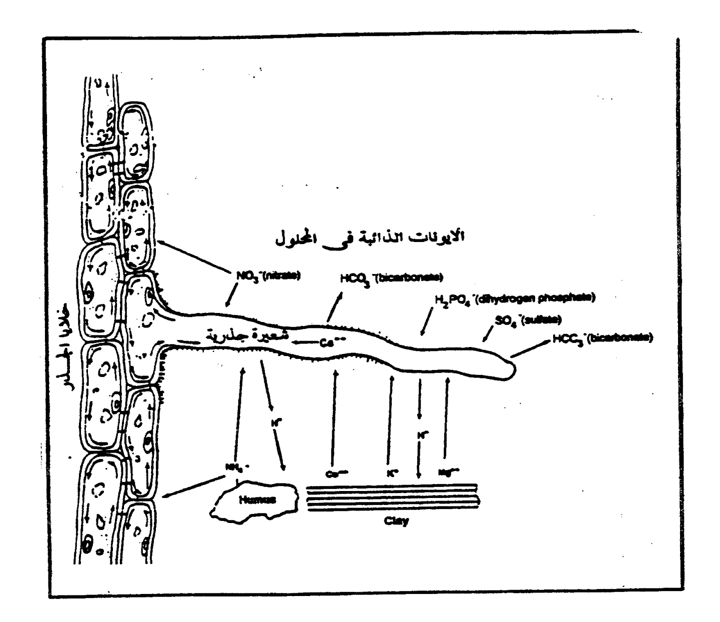
تتم عملية حصول النبات على العنصر الغذائي من الجزء الصلب خلال الخطوات التالية (شكل رقم 14-1) :

أ) تحول العنصر من الصورة الصلبة إلى الصورة السائلة في المحلول الأرضي .

ب) يتحرك المحلول من أي موقع في المحلول الأرضي إلى الجدار الخارجي لجذر النبات .

ج) ينتقل الأيون من الجدار الخارجي للجذر إلى داخل جذر النبات .

د) ينتقل الأيون من داخل جذر النبات إلى أعلى النبات .




شكل (14-1): رسم توضيحي يبين تركيب الجذر وكيفية امتصاص الشعيرات الجذرية للعناصر الغذائية من المحلول الأرضي والأيونات المدمصة على معادن الطين والغرويات العضوية والشعيرة الجذرية تعتبر امتداد طبيعي لأحد خلايا الجذر السطحية وتمتص ما يحتاجه النبات من الماء والعناصر الغذائية .

وينتقل العنصر من الطور السائل إلى الجدار الخارجي لجذر النبات بالطرق التالية (شكل رقم 14-2) :

أ - الانسياب الكتلى **Mass Flow**

حيث يصحب امتصاص جذر النبات للماء امتصاصا تلقائي لما يحتويه

هذا الماء من عناصر غــذائية ذائبة .

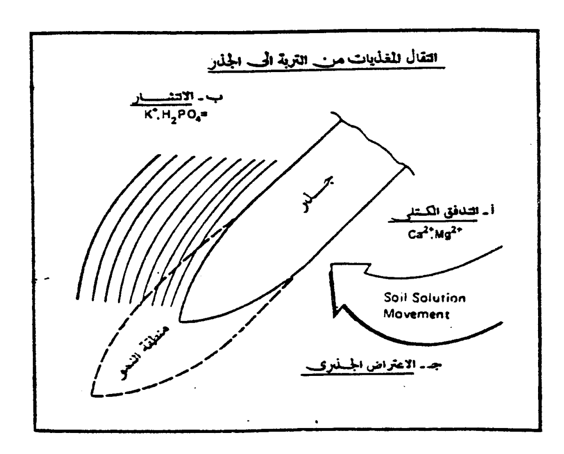
**ب- الانتشار Diffusion**

ويتم عند وجود فرق فى تركيز عنصر معين بين نقطتين فيتحرك العنصر من التركيز المرتفع إلى التركيز المنخفض .

**جـ- الاعتراض الجذري Root Interception**

ويحدث نتيجة لنمو المجموع الجذري فتخترق الشعيرات الجذرية التربة وتعترض العناصر الغــذائية ويحدث الامتصاص .

كما يمكن للنبات أن يمتص العناصر الغــذائية خلال فتحات صغيرة فى الأوراق تسمى Stomata ولكن هذا النوع من الامتصاص يحدث عادة بكميات قليلة مقارنة بالكمية الممتصة بواسطة الجذر ويعتقد أن الامتصاص المباشر للعناصر خلال الأوراق نادرا ما يتعدى عدة كيلوجرامات لكل هكتار ولذلك فإن التركيزات الصغيرة من العناصر الصغرى يمكن تزويد النبات بها عن طريق الرش الورقي . وهذه الطريقة تستخدم لإمداد أشجار الفاكهة باحتياجاتها من العناصر الدقيقة .




**شكل (2-14) : ميكانيكيات انتقال العناصر من التربة إلى جذر النبات**

**إتزان الكاتيونات والآنيونات**

الحاجة إلى وجود إتزان بين الشحن الكهربية السالبة والموجبه في التربة والنبات تضع بعض القيود على إمتصاص العناصر بواسطة النبات فعندما يمتص النبات كاتيون فلا بد أن يتحرر في المقابل كاتيون آخر وعند عدم تساوى عدد الآنيونات والكاتيونات الممتصة بواسطة النبات ينشأ فروق في الجهود الكهربائية بين النبات والتربة مما يؤدى إلى تدفق تيار بينهما .

يمتص النبات عناصر النيتروجين والفوسفور والكبريت على صورة أنيونية ليكون بروتينات والجزيئات العضوية الأخرى . ونتيجة لذلك فإن الكاتيونات موضع التوازن لابدا وأن يحدث لها إتزان جديد مع الأنيونات العضوية الجديدة المتكونة . وعلى ذلك فالأتزان يظل دائما موجودا مع إختلاف نسب الأيونات العضوية وغير العضوية في أجزاء النبات المختلفة وعادة ما تكون الأنسجة الدعامية مثل الساق ذات محتوى عالى من الكالسيوم المتوازن مع الآنيونات العضوية .

يؤدى حصاد المحصول إلى تخلف بقايا النبات في التربة والتى تحتوى على عدد كبير من الآنيونات العضوية التى في حالة إتزان مع الكاتيونات غير العضوية فالبروتينات على سبيل المثال تم إمتصاصها على صورة أنيونية (نترات) كما ان الكاتيونات التى امتصت معها تكون موجودة في بقايا النبات . ويؤدى تخلف بقايا النباتات في التربة إلى رفع الرقم الهيدروجينى للتربة وذلك لأن أغلب الأنيونات العضوية تتحلل إلى أيونات هيدروكسيل وبذلك تعمل بقايا النبات على تلافى الحموضة الجزئية التى نشأت نتيجة إضافة الأسمدة النيتروجينية الحمضية التأثير .

**إمتصاص الكاتيونات**

الكاتيونات موجبة الشحنة الموجودة على التربة تتم معادلتها بواسطة

الشحنات السالبة الموجودة على معقد الطين الدبال والأنيونات الموجـــودة فـــي المحلول الأرضى ولذلك فإن الكاتيونات الممتصة والمصاحبة لمعقــد الطـــين والتى تم إمتصاصها يجب إحلالها من كاتيونات المحلول الأراضى أو النبات . فأغلب الكاتيونات المتحررة والمنطلقة من النبات تكون على صـــورة كـــاتيون الهيدروجين ($H^+$) الذى بالطبع يؤدى إلى خفض الرقم الهيـــدروجينى لمنطقـــة الجذور . كما أن الكاتيونات الممتصة من المحلول الأراضى يجب تعويـــضها من مصادر أخرى مثل تحلل المواد العـــضوية والتجويـــة وإنحـــلال حمـــض الكربونيك حمض الكربونيك دائما موجود في التربة خلال فترةُ نمو النبات لأنه يتكون ثانى أكسيد الكربون المنطلق من عملية تنفس الجذور .

**إمتصاص الآنيونات**

يمتص النبات الأنيونات من المحلول الأرضى وتتحـــد الأنيونـــات مـــع الكربوهيدرات ويتم تخليق المركبات العضوية المعقدة فعناصر مثل النيتروجين والفوسفور والكبريت التى لها مقدرة على الارتباط بالأكسجين لتكوين معقدات آنيونات لها أيضاً المقدرة على الإرتباط بالكربون في المـــادة العـــضوية عـــن طريق الرابطة التعاونية وبالتالى تصبح جزء من المركبات العضوية ولا تسلك سلوك الأنيونات غير العضوية . ولـــذلك فللحفـــاظ علـــى تـــوازن الـــشحنات الكهربائية يحدث إنتقال للشحن السالبة الخاصة بالأنيونات غير العضوية إلـــى الأيونات العضوية وأيونات الهيدروكسيل المتكونة .

وأغلب الكاتيونات الممتصة بواسطة النبات تظل داخـــل النبـــات علـــى صورة ذائبة في الماء بينما الأنيونات الممتصة تتحد مع الجزيئات العضوية . واختلاف صور التواجد داخل النبات بالنسبة للأنيونات والكاتيونات يحدث لعدم مقدرة الكاتيونات على تكوين رابطة تعاونية ولذلك نجد أن الكاتيونات أحاديـــة التكافؤ مثل $K^+$ ، $Na^+$ لا ترتبط بالتركيبات العـــضوية كمـــا أن الكاتيونـــات

الثنائية التكافؤ تظل موجودة في صورة مستقلة وغير مرتبطة . بعض أيونات المغنسيوم يحدث لها خلب chelated في الكلورفيل حيث تسبب الكاتيونات موجبة الشحنة التى حدث لها خلب إلى إنغلاق التركيب المخلبى سالب الشحنة ومسك الكاتيونات بداخلة (شكل 14-3) .

شكل (3-14): تركيب Fe-EDTA

**التضاد بين الآنيونات**

إضافة أحد الأنيونات قد تؤدى إلى زيادة أو نقص امتصاص الأنيونات الأخرى . وزيادة امتصاص الأنيونات من المرجح أن تحدث إذا كان الأنيون

المضاف يمثل أحد مجاميع من الأنيونات ذات الوظائف المتكاملة في النبات وعلى سبيل المثال أيونات الفوسفور والنيتروجين والكبريت التى يستخدمها النبات في بناء جزيئات البروتين أما نقص إمتصاص الأنيونات فيحدث عند تشابة أنيونين كيميائياً ومثال ذلك زيادة امتصاص الكبريت بواسطة النبات يمكن أن يؤدى إلى نقص امتصاص السيلينيوم وذلك لتشابه كل من الكبريت والسيلينيوم الأمر الذى يؤدى إلى تنافس هذين العنصرين على نفس الجزيئات الناقلة من أجل الدخول إلى الجذور. أيضا يوجد تنافس بين الفوسفور والزرنيخ للتشابه الكيميائى الكبير بينهما .

والمعلومات عن امتصاص الزرنيخ والسيلينيوم تعتبر هامة جداً على الرغم من أن كلا من هذين العنصرين لا يعدان من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات فالحيوانات تحتاج كميات قليلة من السيلينيوم ولكن الكميات الكبيرة من الزرنيخ والسيلينيوم يمكن أن تكون سامة للحيوانات وقد أظهرت الأبحاث أن التسميد بالكبريت في الأراضى التى تعانى نقص الكبريت يؤدى إلى خفض تركيز السيلينيوم في نبات البرسيم الحجازى من تركيز منخفض إلى نقص في هذا العنصر . وانخفاض تركيز السيلينيوم حدث بسبب التخفيف حيث أن التسميد بالكبريت أدى إلى زيادة محصول البرسيم الحجازى من 0.81 إلى 2.48 ton/acre .

أظهرت بعض الأبحاث أيضاً نقص في الكمية الكلية الممتصه من السيلينيوم عند إضافة الكبريت وأيضاً نقص في امتصاص الزرنيخ عند إضافة السماد الفوسفاتى ولذلك فإن التسميد يجب أن يستخدم كجزء من برنامج معالجة سمية السيلينيوم والزرنيخ في النبات . أيضاً حموضة التربة وزراعة بعض النباتات المجمعة للسيلينيوم يمكن أن يكون ذو فائدة لخفض سمية السيلينيوم .

**إمتصاص آنيونات العناصر الكبرى الضرورية**

يعتبر كل من الفوسفور والنيتروجين والكبريت من المكونات الأساسية للبروتين ولذلك فأى نقص في أحد هذه العناصر يؤدى إلى قصور في إمتصاص العنصرين الأخرين وعلى سبيل المثال فالنقص الشديد في النيتروجين يؤدى إلى تجمع الفوسفور والكبريت في العصارة الخلوية للنبات وذلك لعدم تحولهم إلى بروتين وهذا يحدث في جميع خلايا النبات مما يجعل امتصاص هذه العناصر من التربة بواسطة الجذور عملية صعبة . لذلك نجد أن نقص عنصر النيتروجين في التربة يؤدى إلى خفض إمتصاص الفوسفور والكبريت ونفس التأثير يحدث إذا وجد نقص في كلا من الفوسفور أو الكبريت .

وبوجه عام نجد أن النباتات تستخدم حوالى عشرة أجزاء من النيتروجين وجزء واحد من كل من الفوسفور والكبريت . ويمكن لهذه النسبة أن تتغير من نبات إلى أخر وبين الأصناف المختلفة في النبات الواحد . أيضا الظروف البيئية يمكن أن تؤثر على نسب العناصر وعلى سبيل المثال زيادة الماء المتاح يؤدى إلى زيادة تركيز النيتروجين والبوتاسيوم والبورون والمنجنيز في أنسجة النباتات النامية وخفض تركيز الفوسفور . أيضا لوحظ أن نمو النباتات عند 26°C أدى إلى زيادة تركيز البورون والمنجنيز وخفض تركيز النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وذلك بالمقارنة بتركيز هذه العناصر في النباتات النامية عند 5°C .

أثبتت الأبحاث أن التسميد النيتروجينى يؤدى إلى خفض نسب العناصر المعدنية الأخرى في المحاصيل . فالنمو الخضرى الكبير للنباتات المسمدة بالنيتروجين يؤدى إلى خفض نسب العناصر الأخرى الممتصة بواسطة النبات وهذا الخفض يعرف باسم تأثير التخفيف dilution effect .

**التنافس بين الكاتيونات**

زيادة امتصاص آنيون غالبا ما يؤدى إلى زيادة إمتصاص الأنيونات الأخرى وعلى العكس من ذلك فإن زيادة امتصاص كاتيون يسبب نقص إمتصاص الكاتيونات الأخرى وهذا ما يطلق عليه تنافس الكاتيونات . Cation Competition والمثال الواضح للتنافس بين الكاتيونات هو أن الزيادة في امتصاص النبات للكالسيوم والمغنيسيوم نتيجة إضافة الجير يصاحبه نقص في امتصاص البوتاسيوم وبالمثل فإن التسميد البوتاسى يؤدى إلى،زيادة امتصاص النبات للبوتاسيوم وخفض امتصاص الكالسيوم والمغنيسيوم .

بعض الكاتيونات تكون هامة جدا للنبات مثل المغنيسيوم الضرورى لتكوين الكلوروفيل والكالسيوم الهام لبناء جدارن الخلايا بينما البعض الآخر يحتاجة النبات وذلك لمعادلة الشحنات السالبة للأنيونات ولذلك فلكل كاتيون ضرورى لنمو النبات حد أدنى يجب على النبات إمتصاصة لكى ينمو ويكمل دورة حياته وعند حصول النبات على هذا الحد الأدنى الضرورى من كل كاتيون فإن الكميات الزائدة الممتصة تعمل فقط لمعادلة الشحنات ولقد وجد على سبيل المثال أن نبات البرسيم يحتوى على نسبة الكالسيوم إلى البوتاسيوم تتراوح بين (1:1-5:1 ) ولا يؤثر ذلك على نموه الطبيعى ولكن يبدأ الإنخفاض في محصول البرسيم إذا وصلت كمية الكالسيوم 8 أضعاف كمية البوتاسيوم في النبات .

وبوجه عام يوجد تنافس بين كبير بين البوتاسيوم والكالسيوم كما يوجد تنافس بين المغنيسيوم والكالسيوم وبدرجة أقل بين المغنيسيوم والبوتاسيوم . ويوضح الجدول رقم (14-3) أن نسبة الكالسيوم إلى البوتاسيوم يمكن تغييرها وذلك عن طريق تغيير الإمداد بالفوسفور أو البوتاسيوم فزيادة معدل التسميد البوتاسى أدى إلى زيادة نسبة البوتاسيوم في النبات وخفض نسبة الكالسيوم

وتتراوح نسبة Ca:K في الجدول بين 1:1.9 عند عدم إضافة بوتاسيوم وتسميد فوسفاتى عالى ، 1:4 عند إضافة معدلات بوتاسيوم عالية وعدم إضافة فوسفات فالتسميد الفوسفاتى يعمل على زيادة إمتصاص الكالسيوم وخاصة عند معدلات تسميد بوتاسى منخفض .

جدول (14-3): تأثير مستويات التسميد الفوسفاتى والبوتاسى على نسب الكالسيوم والبوتاسيوم في الذرة الرفيعة .

| معدل التسميد | النسبة في الذرة الرفيعة (وزن جاف) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | % K | | % Ca | |
| kg K /ha | تسميد فوسفات عالى | بدون P | تسميد فوسفات عالى | بدون فوسفات |
| 0 | 0.64 | 0.76 | 0.34 | 0.28 |
| 56 | 0.73 | 0.84 | 0.32 | 0.27 |
| 112 | 0.84 | 0.94 | 0.28 | 0.26 |
| 224 | 0.95 | 1.00 | 0.24 | 0.25 |

**Reneau et al. (1983).**

### التنافس والتضاد Competition Vs Antagonism

**التنافـــس** يحدث بين الكاتيونات غير المتشابهه مثل البوتاسيوم والكالسيوم وذلك لمعادلة العدد الكلى من الشحنات السالبة (الأيونات) الممتصة بواسطة النبات وكلما زاد تركيز الكاتيون كلما زاد تنافسه وبالتالى تزيد عدد الشحنات الموجبة الخاصة بهذا الكاتيون .

**التضاد** وهو عبارة عن التنافس الشديد بين زوجين متشابهين من الأيونات فطبيعة التضاد تدل على أن الأيونات التى تضاد بعضها البعض يكون لها نفس طريقة الدخول إلى الجذور وعلماء فسيولوجيا النبات يتكهنون بوجود عدد من الجزيئات الناقلة للأيونات من خارج إلى داخل الجذر ولذلك فإن الأيونات المتشابهه يتم نقلها إلى داخل الجذر بواسطة نفس الجزئ الناقل فأيونات مثل

الكالسيوم $Ca^{++}$ ، $Sr^{++}$ متشابهان ولذلك فهما يتنافسان بقوة على الدخول (الجزئ الناقل) ولذلك فهم متضادان .

والتضاد لا يقتصر فقط على الكاتيونات وإنما يشمل أيضا النأيونات المتشابهه مثل $SO_4^{--}$ ، $SeO_4^{--}$ .

**إمتصاص العناصر الصغرى**

يتأثر إمتصاص النبات للعناصر الصغرى بالعديد من العوامل مثل درجة حموضة التربة وتركيز العناصر الغذائية الكبرى وعلى سبيل المثال فإن إمتصاص الزنك يقل في وجود التركيزات العالية من الفوسفور أو المنجنيز وقلة الأكسجين أو ارتفاع درجة pH التربة . وتأثير الفوسفور على إمتصاص الزنك يرجع إلى أن إنخفاض ذائبية فوسفات الزنك الذى يؤدى إلى خفض تركيز الزنك في المحلول الأرضى . ونظرا لتشابة أيونى المنجنيز والزنك فإنهما يتنافسان مع بعضهما على نفس الناقل الحامل للدخول إلى جذور النبات ولذلك فيوجد تضاد بينهما . ولقد وجد ohki (1975) أن التركيز العالى من الزنك في نباتات القطن التى تعانى من نقص المنجنيز إنخفض إلى مستوى مناسب نتيجة إضافة المنجنيز كما أن إضافة الزنك أدى إلى خفض محتوى الذرة من المنجنيز بحوالى 40% .

إمتصاص الزنك من الأراضى القاعدية ضعيف نتيجة انخفاض ذائبية الزنك عند درجات pH العالية . ويقل امتصاص الزنك في الأراضى الغدقه نتيجة إنخفاض درجة الحرارة وعدم وجود الأكسجين . وبوجه عام فإن درجة الحرارة المنخفضة تخفض من ذائبية الزنك وتبطئ من سرعة التفاعلات الكيميائية والبيولوجية وبالتالى تخفض من إمتصاص الزنك .

وبالنسبة للحديد نجد أن وجود الفوسفات يخفض من إمتصاص الحديد نتيجة لضعف ذائبية فوسفات الحديد كما يوجد تضاد بين الحديد والمنجنيز كما

أن إرتفاع pH التربة يؤدى إلى خفض ذائبية كل من الحديدوز والحديديك، إضافة الكبريت ويعمل على زيادة إمتصاص الحديد ولقد أدى إضافة الكبريت إلى نبات البسلة إلىزيادة المحصول بحوالى 35% وذلك نتيجة مساعدة الكبريت للنبات في التغلب على نقص الحديد .

جميع العناصر الصغرى التى على صورة كاتيونية تصبح قليلة الصلاحية للإمتصاص بواسطة النبات في درجات pH العالية مثل النحاس والحديد والمنجنيز والزنك والعكس صحيح في حالة المولبيدنيوم وذلك لإمتصاصة في صورة أنيونية ($MoO_4^{--}$) ويزيد التسميد الفوسفاتى من أمتصاص المولبيدنيوم وذلك لأن كميات صغيرة من المولبيدنيوم يمكن أن تحل محل الفوسفور في المركبات الفوسفورية .

**إستجابة النبات للتسميد**

قام العالم الألمانى Liebig(1803-1873) بتحليل العديد من عينات النبات ووضع أساس المفهوم الحديث لتغذية النبات . فقد إقترح العالم ليبيج نظريته المعروفة باسم " **قانون العامل المحدد" والذى ينص على أن " العنصر المغذى الموجود بالتربة بأقل كمية بالنسبة لحاجة النبات منه يصبح هو العامل المحدد للنمو ، فإضافة أى مقدار منه تزيد النمو بنسبة مطردة ثابتة بينما إضافة أى عنصر آخر لن يكون له تأثير حتى يزيد مقدار العنصر المحدد"** وهذه النظرية تقترح أن زيادة نمو النبات تتم عن طريق إضافة العنصر الهام بالنسبة للنبات والموجود بأقل كمية وهذا بالطبع سوف يؤدى إلى أن يصبح هذا العنصر موجود بكميات مناسبة ويصبح أحد العناصر الأخرى هو العامل المحدد . ويصل النمو إلى المحصول الأعظم عندما تصبح جميع العوامل المحددة موجودة بكميات مثالية .

ويرى العالم الألمانى ميتشرليش (1863-1794) Mitscherlich أن نمو النبات لا يتبع قانون العامل المحدد كما أقترح لبيج وإنما يتبع قانون الغلة المتناقصة Law of diminishing retuen الذى عبر عنه ميتشرلش رياضيا كما يلى :

$$dy/dx = k(A-y)$$

حيث :

dy = الزيادة في المحصول الناتجة من إضافة كمية صغيرة dx من العامل المحدد .

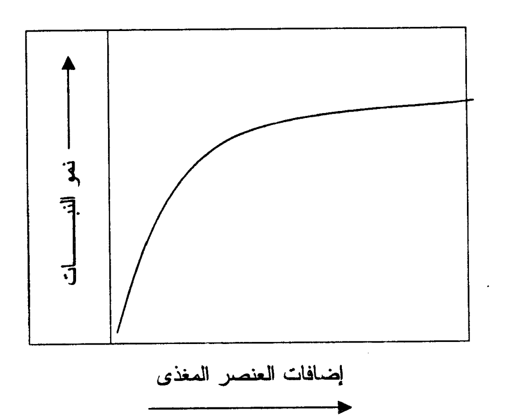
k = ثابت بالنسبة للمحصول الواحد وعامل النمو .

A = المحصول الأعظم .

y = المحصول تحت الظروف الفعلية .

ويفهم من قانون الغلة المتناقصة أن الزيادة الناتجة من إضافة الوحدة الثانية من العنصر المختبر أقل من الزيادة الناتجة من إضافة الوحدة الأولى والزيادة الناتجة من الوحدة الثالثة أقل من الزيادة الناتجة من الوحدة الثانية وهكذا أى أن الزيادة الناتجة من كل وحدة تقل بتوالى إضافة الوحدات .

فمنحنى إستجابة المحصول الفعلى موضح بالشكل (3-14) ونجد أن معادلة ميتشرليش تنطبق على الجزء الأوسط من هذا المنحنى تماما وهذا الجزء من المنحنى يعتبر هو الشائع والهام لندرة حدوث النقص الشديد في العنصر ولأن التربة تقوم بإمداد النبات بالعناصر الغذائية وبالتالى يعتبر الجزء الأسفل من المنحنى غير موجود إلا في حالات خاصة .




**شكل (14-3): رسم تخطيطى يوضح منحنى إستجابه المحصول**

ويتضح من المنحنى أن إضافات كميات كبيرة من السماد تزيد عن حاجة النبات هو إسراف لا مبرر له يمكن أن يؤدى إلى نتيجة عكسية في بعض الأحوال كما أنه قد يسبب تلوث للمياه السطحية والجوفية .

**العلاقة الرياضية بين الأسمدة المضافة والمحصول الناتج**

يهدف التسميد إلى زيادة معرفتنا عن الأثر الذى تحدثه الأسمدة على نمو الحاصلات الاقتصادية حتى يمكن زيادة كفاءة السماد ، عن طريق إختيار نوع السماد المناسب لنبات معين فى أرض معينة والذى يحقق منه أعلى استفادة .

وتهتم دراسات التسميد فى الوقت الحاضر بالتعبير الكمى أو الرياضى Modeling الذى يصف مدى إستجابة الحاصلات المختلفة للأسمدة تحت ظروف نمو مختلفة ..

**إستجابة المحصول لسماد واحد (عنصر غذائى واحد)**

**معادلة الدرجة الثانية Polynomial Quadratic Equation**

لوحظ أن زيادة إضافة العنصر الغذائى زيادة كبيرة قد تؤدى إلى نقــص المحصول ولذلك إقترح تطبيق معادلة الدرجة الثانية للتعبير عن إســتجابة المحصول للسماد المضاف :

$$Y_i = a + bX \pm cX^2 \qquad (1)$$

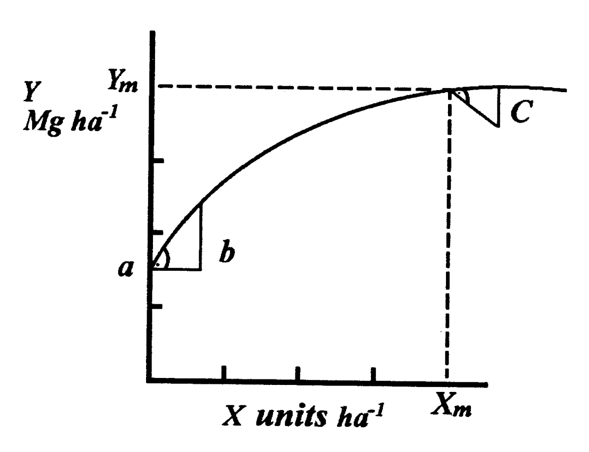
حــيث :

Y = المحصول الناتج من إضافة (X) من السماد .

a = الجزء المقطوع من المحور الرأسى (المحصول الناتج فى حالة عدم إضافة السماد X = 0 ) .

b = معامل الإرتداد الخطى (ميل المنحنى فى حالة عدم إضافة السماد) .

c = معامل الإرتداد غير الخطى (ميل المنحنى فى حالة المحصول الأعظم) .




شكل (14-2): العلاقة البيانية بين السماد (X) والمحصول (Y)
(معادلة الدرجة الثانية)

**حساب ثوابت معدلة الدرجة الثانية بطريقة Least Square Differences**

يمكن حساب ثوابت معادلة الدرجة الثانية التى على الصورة :

$$Y_i = a + bX_i \pm cX^2_i$$

وذلك من النتائج التجريبية باستخدام الثلاث معادلات الآتية :

$$a.\Sigma X_i^2 + b.\Sigma.X_i^3 + c\Sigma X_i^4 = \Sigma.X_i^2 Y_i \qquad (2)$$

$$a.\Sigma X_i + b.\Sigma.X_i^2 + c.\Sigma.X_i^3 = \Sigma X_i Y_i \qquad (3)$$

$$a.n + b\Sigma X_i + c\Sigma X_i^2 = \Sigma Y_i \qquad (4)$$

حـــيث :

a = هى الجزء المقطوع من المحور الرأسى .

b = معامل الإرتداد الخطى .

c = معامل الإرتداد غير الخطى .

n = عدد الوحدات التجريبية = (عدد المعاملات × عدد المكررات) .

مثـــــال

فى تجربة لزراعة محصول الفل فى قطاعات عشوائية كانت النتائج كما يلى :

| Units of N $ha^{-1}$ (a) | Weight of Flowers | | kg $plot^{-1}$ (b) | |
|---|---|---|---|---|
| | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ | $R_4$ |
| $N_0$ | 4.9 | 5.3 | 5.0 | 4.6 |
| $N_1$ | 12.8 | 13.1 | 13.6 | 13.9 |
| $N_2$ | 18.1 | 17.9 | 18.7 | 18.0 |
| $N_3$ | 21.0 | 22.1 | 21.9 | 21.8 |
| $N_4$ | 23.1 | 23.4 | 24.0 | 23.9 |
| $N_5$ | 24.1 | 24.3 | 23.8 | 24.5 |

- دكتور أحمد ثابت وآخرون ١٩٩٩.

(a) 1 unit of N = 50 kg N $ha^{-1}$.

(b) Plot area = $100m^2$.

- احسب ثوابت معادلة الدرجة الثانية .
- احسب المحصول المتنبأ به عند الإضافات التالية من السماد النيتروجينى :

(0, 1, 2, 3, 4, 5, 8) Mg $ha^{-1}$

الحـــــل

بعد تحويل المحصول المتحصل عليه مـــن kg $plot^{-1}$ إلـــى Mg $ha^{-1}$ نجرى الحسابات التالية :

$\Sigma X^4 = 3916, \Sigma X^3 = 900, \Sigma X^2 = 220, \Sigma X = 60,$

$\Sigma X^2 Y = 505.33, \Sigma X Y = 132.03, \Sigma Y = 42.38, n = 24.$

وبالتعويض عن القيم السابقة فى المعادلات (2, 3, 4) .

$220 a + 900 b + 3916 c = 505.33$

$60 a + 220 b + 900 c = 132.03$

$24 a + 60 b + 220 c = 42.38$

وبحل المعادلات السابقة :

$\therefore$ c = -0.0903, b = 0.8243, a = 0.5330

$$Y_i = 0.5330 + 0.8243\ X_i - 0.0903\ X^2_i$$

❖ **فوائد استخدام المعادلات الرياضية فى العلاقة بين المحصول الناتج والسماد المضاف :**

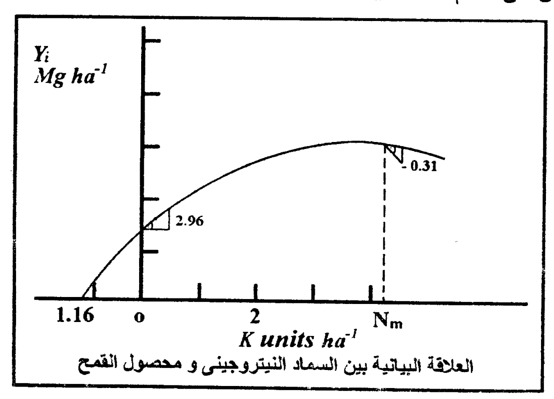
**١) التنبؤ بالمحصول الناتج عند الإضافات المختلفة من السماد .**

**٢) حساب محتوى الأرض الأصلى من العنصر المختبر (بدون التحليلات الكيميائية) والمحصول الناتج منه .**

**مثـــــال**

إذا كانت العلاقة الرياضية بين محصول القمح $Mg\ ha^{-1}$ ووحدات السماد النيتروجينى المضافة : $Y_i\ Mg\ ha^{-1} = 3.82 + 2.96\ N_i - 0.31\ N^2_i$

- وحدة السماد النيتروجينى = ٦٠كجم N للهكتار . وثمنها 60 EP .
- ثمن طن القمح = ٦٠٠ جنية .




العلاقة البيانية بين السماد النيتروجينى و محصول القمح

(١) بحل معادلة الدرجة الثانية لإيجاد قيمة (X - ) عندم (Y = 0) باستخدام المعادلة :

$$(X_s)\text{ value } = \frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2c}$$

$$= \frac{-2.96+\sqrt{(2.96)^2-4(3.82)(-0.31)}}{2(-0.31)}$$

$$= -1.16 \text{ units of } N_s\, ha^{-1}$$

$$\text{or } 1.16 \times 60 = 69.6 \text{ kg of } N_s\, ha^{-1}$$

(٢)حساب المحصول الأعظم ($Y_m$) والإضافة من السماد اللازمة لإنتاجية ($X_m$) :

(٣) يمكن حساب $Y_m$ باستخدام المعادلة :

$$Y_m = a - \frac{b^2}{4c} = 3.82 - \frac{(2.96)^2}{4(-0.31)} = 10.89..Mg.Y.ha^{-1}$$

- حساب الإضافة العظمى من السماد ($X_m$) اللازمة لإنتاج المحصول الأعظم:

$$X_m = \frac{b}{2c} = \frac{-2.96}{2(-0.31)} = 4.77 units.of Nha^{-1}$$ (د. أحمد ثابت ١٩٩٩)

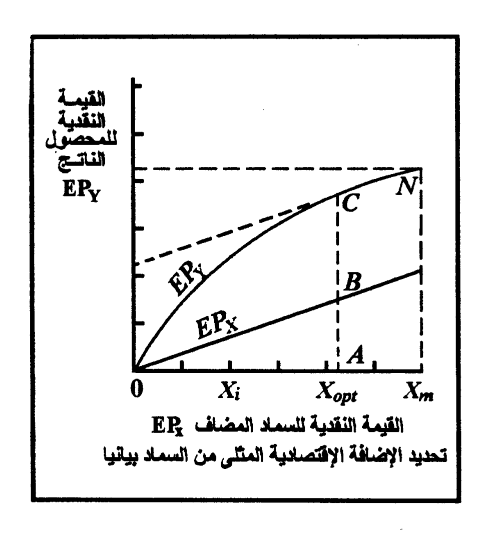
(٤)حساب المحصول الإقتصادى الأمثل ($Y_{opt}$) والإضافة من السماد اللازمة لإنتاجة $X_{opt}$ :

**تهدف تجارب معدلات التسميد إلى معرفة مقدار السماد الذى يضاف ليحقق أما أعلى محصول أو أعلى ربح أو أعلى نسبة استغلال لرأس المال أى النسبة بين القيمة النقدية لزيادة المحصول وتكاليف السماد .**

عند معدل إضافة $X_{opt}$ وحدة سماد تكون المسافة بين منحنى سعر المحصول الناتج ($EP_Y$) وخط سعر السماد ($EP_X$) أكبر ما يمكن (BC) عند هذه النقطة يتحقق أعلى ربح ، وعند هذه النقطة تكون الإضافة من السماد هى

الإضافة المثلى أو الأضافة الإقتصادية ($X_{opt}$) ، نقطة (C) على المنحنى هى النقطة التى يكون فيها المماس لمنحنى سعر المحصول موازيا لخط سعر السماد. والمسافة (AB) هى القيمة النقدية للسماد المضاف ، والمسافة (AC) هى العائد الكلى ، والمسافة (BC) هى الربح الكلى :

$$\frac{\text{العائد الكلى}}{\text{تكاليف السماد}} = \frac{AC}{AB}$$




شكل (14-3): تحديد الإضافة الإقتصادية المثلى من السماد بيانيا

عند نقطة ($X_m$) نجد نقطة (N) على منحنى سعر المحصول حيث يكون

حيث يكون المماس للمنحنى موازياً للمحور الأفقى ، وهى النقطة التى يتحقق عندها المحصول الأعظم ($Y_m$) ، حيث تكون قيمة السماد مرتفعة ويكون الربح أقل منه عند نقطة(C) ، والنسبة بين العائد الكلى : تكاليف السماد تكون أقل .

عند نقطة ($X_i$) تتناقص قيمة السماد بسرعة أكبر من تناقص الربح ، أى أن النسبة بين العائد الكلى : تكاليف السماد هنا أعلى من نقطة (C) ، ولكن الربح الكلى أقل منه عند نقطة (C) .

❖ **حساب الإضافة الإقتصادية المثلى من السماد ($X_{opt}$) التى تعطى أعلى ربح باستخدام طريقة الدوال الرياضية :**

**يمكن النصح بإضافة السماد فى صورة وحدات متوالية منه متى كانت القيمة النقدية للوحدة السمادية المضافة أقل من القيمة النقدية للمحصول الناتج منها فإن هذه الوحدة تعتبر الحد الأعلى للإضافة الإقتصادية .**

**معادلة الدرجة الثانية :**

$$Y_i = a + bX_i \pm CX_i^2$$

بتفاضل معادلة الدرجة الثانية ومساواة التفاضل بنسبة السعر $P_r$ :

$dY / dX = b - 2c\ X_{opt} = \text{Fert Price / Crop Price} = P_r$

وبالتعويض عن قيم الثوابت وعن $P_r$ :

$2.96 - 2\ (0.31)\ X_{opt} = 60 / 600 = 01$

$\therefore X_{opt} = 4.61$ units of N $ha^{-1}$

$Y_{opt} = 10.88$ Mg $ha^{-1}$

**٥) حساب كفاءة السماد المضاف The Efficiency of Fertilizer**

**معادلة الدرجة الثانية :**

$$Y_i = a + bX_i \pm c\ X^2_i$$

معرفة كفاءة السماد كانت غير معروفه لمعادلة الدرجة الثانية حتى تم

استنتاجها ، Thabet (1992) .

❖ **تعريف الكفاءة :**

"هى الزيادة فى المحصول (Y) الناتجة عن زيادة وحدة واحدة من السماد المضاف (X) " ولقد تم إستنتاجها لمعادلة الدرجة الثانية ، والقانون النهائى هو:

$$E_p = b \pm 2c\,X_i \qquad Mg\ Y\ unit^{-1}\ ha^{-1}$$

حيث :

$E_p$ = هى الكفاءة عند نقطة معينة على منحنى ($Y_i$) .

وأيضا :

$$E_T = b \pm c\,X_i \qquad Mg\ Y\ unit^{-1}\ ha^{-1}$$

حيث :

$E_T$ = هى الكفاءة الكلية للسماد من نقطة $Xi = 0$ حتى $X_i = X_m$ .

| Efficiency | $X_i \equiv 0$ | $\equiv 1$ | $\equiv 2$ | $\equiv 3$ | $\equiv 4$ | $\equiv 4.77$ units $ha^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $E_p$ | 2.96 | 2.34 | 1.72 | 1.1 | 0.48 | 0.0 |
| $E_T$ | 2.96 | 2.65 | 2.34 | 2.03 | 1.72 | 1.48 |

٦) حساب مساهمة كلا من العنصر الغذائى الأرضى والسمادى فى المحصول الناتج :

إذا كان هناك مصدر للعنصر الغذائى المختبر :

١- مصدر أرضى .  ٢- مصدر سمادى .

وكلا المصدرن متساويا الصلاحية للإمتصاص بواسطة النبات ، فإن النبات يمتص حاجته من المصدر السمادى ، والمصدر الأرضى حسب مقدار كل منهما :

$$\text{مساهمة العنصر الأرضى فى المحصول الناتج} = \frac{\text{مقدار العنصر الأرضى}}{\text{مقدار العنصر الأرضى + مقدار العنصر السمادى}} \times \text{وزن المحصول الناتج عند الإضافة } X_i$$

مقدار العنصر السمادى
مساهمة العنصر السمادى فى المحصول الناتج = ——————— × وزن المحصول الناتج عند الإضافة $X_i$ من السماد
مقدار العنصر الأرضى + مقدار العنصر السمادى

$$\text{Contribution of N fertilizer to the yield} = \frac{X_{fi}}{X_{fi} + X_s} \times Y_i$$

### مساهمة النيتروجين السمادى والنيتروجين الأرضى فى محصول القمح :

| N applied Units $ha^{-1}$ | Fertilizer Value EP | Calculated Y Mg $ha^{-1}$ | Contribution of nutrient to the yield from Mg $ha^{-1}$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Fertilizer | | | | Soil |
| | | | $\frac{N_{fi}}{N_{fi}+N_s}$ | $\frac{N_{fi}}{N_{fi}+N_s} \times Y_i$ | Value EP | Income per 1 EP fertilizer | $\frac{N_s}{N_s+N_{fi}} \times Y_i$ |
| 0 | 0 | 3.82 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.82 |
| 1 | 60 | 6.47 | 0.46 | 3.00 | 1800 | 30.00 | 3.47 |
| 2 | 120 | 8.50 | 0.63 | 5.38 | 3228 | 26.90 | 3.12 |
| 3 | 180 | 9.91 | 0.72 | 7.15 | 4290 | 23.80 | 2.76 |
| 4 | 240 | 10.70 | 0.78 | 8.35 | 5010 | 20.90 | 2.35 |
| Km 6.24 | 286.2 | 10.89 | 0.80 | 8.76 | 5256 | 18.36 | 2.13 |

• ثابت 1995 .

### العلاقات بين التركيب الكيميائى وعمر النبات

تمتص النباتات الحولية حوالى 75% من مجموع ما تحتوية من عناصر في منتصف مرحلة النمو وذلك لأن العناصر يجب امتصاصها قبل أن يبدأ النبات إنتاج المواد الجافة (الثمار) . ولذلك يوجد فترة زمنية بين الإمتصاص الكلى للعناصر وبين fJhdm إنتاج المادة الجافة وهذا يعد السبب الرئيسى في أن النباتات الأقل عمرا تحتوى على تركيزات عالية من العناصر الغذائية بالمقارنة بالنباتات الأكبر عمرا . ولذلك فإن نباتات الرعى تكون مغذية أكثر عندما تكون صغيرة في العمر . ويوضح الجدول رقم (3-14) إنخفاض نسبة البروتين في نباتات الأعلاف عندما تصبح النباتات أكثر نضجا وأكبر عمرا كما أن محتوى النباتات من الألياف تزيد بدرجة كبيرة عندما يزيد عمر النبات ويصبح النبات أكثر صعوبة في الهضم بواسطة الحيوان . أيضا يلاحظ

إنخفاض نسب العناصر الغذائية بتقدم عمر النبات .

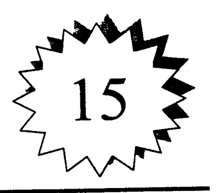
جدول (14-3): التركيب الكيميائى لبعض نباتات الأعلاف عند مراحل نضج مختلفة .

| نبات العلف ومرحله النضج | % في المادة الجافة | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | بروتين | ألياف | P | K | Ca |
| **البرسيم** | | | | | |
| (٥) بداية الإزهار | 18 | 23 | 0.22 | 2.52 | 1.41 |
| (٦) متوسط مرحلة الإزهار | 17 | 26 | 0.24 | 1.71 | 1.41 |
| (٧) نهاية مرحلة الإزهار | 15 | 29 | 0.22 | 1.53 | 1.25 |
| (٨) تبن ناضج | 12.9 | 37 | 0.18 | 1.78 | 1.13 |
| **حشيشة برمودا** | | | | | |
| (٩) علف طازج | 12.0 | 26.4 | 0.21 | 1.70 | 0.53 |
| (١٠) تبن جاف | 6.0 | 30.7 | 0.20 | 1.60 | 0.43 |
| **حشيشة السودان** | | | | | |
| (١١) متوسط مرحلة الإزهار (hay) | 8.8 | 30.0 | 0.36 | 2.14 | 0.43 |
| (١٢) نهاية مرحلة الإزهار | 8.0 | 35.0 | 0.30 | 1.87 | 0.55 |




## تكنولوجيا التسميد

- ❖ العوامل التى تؤثر على استخدام السماد.
- ❖ التسميد فى وجود الضغوط المختلفة.
- ❖ تأثير التسميد على التربة.
- ❖ الأسمدة المخلوطة والمركبة.
- ❖ طرق إضافة الأسمدة.
- ❖ التسميد الورقى.



# تكنولوجيا التسميد

ساهم التقدم الكبير في صناعة الأسمدة مساهمة كبيرة في زيادة الإنتاج وبتحليل عوامل زيادة المحصول نجد أن 60% من هذه الزيادة ترجع بصفة أساسية إلى استخدام الأسمدة المعدنية .

لوحظ في السنوات الأخيرة زيادة استهلاك الأسمدة المعدنية زيادة كبيرة واغلب هذا الاستهلاك (70%) يتم في البلاد المتقدمة فلقد استهلكت الولايات المتحدة الأمريكية ما يقرب من 16% من مجموع الأسمدة المستهلكة في العالم . مع ذلك فكثير من الدول النامية أصبحت الآن تستخدم كميات كبيرة من الأسمدة ومن المتوقع أن يتزايد استخدامها للسماد في السنين القادمة .

**العوامل التى تؤثر على استخدام السماد**

يهدف المزارع من استخدام السماد إلى الحصول على أعلى ربحية ممكنة ولذلك فنوع السماد المستخدم والكمية التى تعطى أعلى ربح ممكن تعتمد على العديد من العوامل نذكر فيما يلى :-

**١- عامل النبات**

التسميد لا يكون مربحا إلا إذا استجاب النبات للتسميد فبعض المحاصيل تحتاج لكميات كبيرة من عناصر معينة حتى تعطى أعلى إنتاجية وعلى سبيل المثال محصول البرسيم الحجازى الذى يتم تلقيحه يحصل على النيتروجين من الهواء ولكنه يحتاج إلى كميات كبيرة من الفوسفور والبوتاسيوم وهذا المثال ينطبق على جميع البقوليات . أما عائلة الحشائش فتحتاج إلى كميات كبيرة من النيتروجين يجب إضافتها في صورة سمادية كمل أن الفواكه تستجيب بشدة إلى التسميد النيتروجينى . تختلف الأصناف varities أيضا في درجة إستجابتها للتسميد ولذلك تهدف البحوث الحالية إلى التوصل إلى أصناف ذات درجة إستجابة عالية للتسميد حيث تتميز أصناف بعض الحاصلات التى استنبطت حديثا بإرتفاع إنتاجيتها مثل أصناف القمح قصيرة الساق أو طويلة السنبلة ولا تعطى هذه الأصناف إنتاجها العالى إلا إذا حصلت على إحتياجاتها المثلى من العناصر الغذائية .

يرى بعض البحاث أن النباتات تختلف عن بعضها في تفضيل عناصر غذائية معينة على غيرها بدليل أن مقدار ماتستنزفه الحاصلات من العناصر الغذائية من التربة تختلف من نبات لأخر كما هو موضح بالجدول رقم (15-1)

جدول رقم (15-1): كمية العناصر الغذائية المستنزفة بواسطة بعض النباتات

| النبات | الإنتاج طن/هكتار | الكمية المستنزفة كجم/هكتار | | |
|---|---|---|---|---|
| | | N | P | K |
| قمح | 2.4 حبوب | 65 | 13.2 | 50 |
| بطاطس | 30 | 150 | 24.2 | 220 |
| بنجر السكر | 45 | 270 | 23.9 | 320 |
| قصب السكر | 90 | 85 | 26.4 | 160 |
| عنب | 10 | 80 | 12.2 | 83 |
| طماطم | 40 | 110 | 13.2 | 130 |
| فول سودان | 1.5 | 105 | 6.6 | 36 |
| فول صويا | 1.8 | 157 | 28.2 | 92 |

٢- عامل التربة

- تختلف مقدرة التربة على إمداد النبات بالعناصر الغذائية من تربة إلى أخرى فخصوبة الأراضى المنزرعة بالمحاصيل تنخفض بدرجة كبيرة بعد سنوات قليلة من زراعتها وذلك لأن المحاصيل تستنزف ما في هذه الأراضى من عناصر غذائية ولذلك يصبح من الضرورى استخدام الأسمدة بكميات تكفى حاجة النبات .
- الأراضى الطينية بصفة عامة غنية في العناصر الغذائية ولذلك فهى تحتاج كميات تسميد قليلة بالمقارنة بالأراضى الرملية الواسعة الأنتشار في البلاد العربية والفقيرة في جميع العناصر الغذائية . والأراضى الجيرية ذات سعه تبادلية كاتيونية منخفضة وفقيرة في النيتروجين والفوسفور وتسيطر كربونات الكالسيوم على جميع التفاعلات الكيميائية التى تحدث فيها .
- الصفات الفيزيائية لبعض الأراضى مثل إنخفاض النفاذية وسوء الصرف يحد من إنتاجيتها ولذلك فالمحاصيل النامية في هذه الأراضى سوف تقل استجابتها للتسميد بالمقارنة بالأراضى التى لا تعانى مثل هذه المشاكل ولذلك فالكمية المثلى من السماد الواجب إستخدامها في مثل هذه الأراضى تكون أقل من الأراضى الأخرى ويجب على المزارع أن يضيف الأسمدة للأراضى التى تستجيب للتسميد ولا يحاول أن يحصل على نفس المحصول من أراضى ذات قدرات مختلفة فالكميات الكبيرة من الأسمدة يجب أن تضاف للأراضى ذات الصفات الإنتاجية الجيدة ولكنها ضعيفة الخصوبة .

٣- عامل المناخ

- الأراضى غير المروية في المناطق الجافة والتى تستقبل امطار تقل عن 400mm في العام يجب إضافة كميات قليلة من الأسمدة إليها وذلك لأن كمية المياه المحددة التى تستقبلها هذه الأراضى لا تبرر استخدام كميات

كبيرة من الأسمدة لرفع خصوبتها .

- الأراضى المروية أو تلك الموجودة في المناطق الرطبة غالبا ما تحتاج إلى تسميد للحصول على أعلى إنتاج فأراضى المناطق الرطبة تفقد كميات من العناصر الغذائية بسبب التجوية والغسيل . ولذلك فهذه الأراضى تحصل على إمداد مائى مناسب لنمو النبات ويصبح العامل المحدد للإنتاجية هو التسميد .
- ينصح بإضافة سماد بوتاسى لمقاومة برودة الجو على أساس أن النبات يمتص البوتاسيوم ويحتفظ بالزيادة منه على صورة محلول بالعصارة النباتية فيزيد تركيزة وبالتالي تنخفض درجة التجميد لهذه العصارة فلا يصيبها التلف عند انخفاض درجة الحرارة إلى أقل من الصفر .

**٤- العامل الإقتصادى**

يتوقف استخدام الأسمدة على أسعارها فيزيد استخدامها عندما يقل سعرها والعكس صحيح أما أسعار المحاصيل فتأثيرها مختلف فارتفاع أسعار المحاصيل يؤدى إلى زيادة الإقبال على استخدام الأسمدة للحصول على أعلى إنتاج فتزيد الربحية ومعظم الدول التى تستخدم كميات قليلة من الأسمدة تكون أسعار الأسمدة فيها عالية بالمقارنة بأسعار المحاصيل المنتجة .

زيادة المحصول نتيجة إضافة الأسمدة كما ذكرنا سابقا يتبع قانون الغلة المتناقصة فإضافات قليلة من السماد المطلوب ينتج عنه زيادة في الإنتاج والربحية وإضافات أكبر من السماد يؤدى إلى زيادة أقل في الأنتاج وهكذا حتى تصل إلى النقطة التى يصبح فيها أى إضافة جديدة للسماد ينتج عنها زيادة طفيفة في المحصول تعادل ثمن السماد المضاف ولذلك فالمزارع الناجح يجب علية عدم إضافة كميات سماد تزيد عن ذلك .

٥- عامل الإدارة

الإدراة الزراعية الناجحة هي التي توزان بين المدخلات والمخرجات فالتخطيط للحصول على إنتاجية عالية عادة ما يتطلب زيادة المدخلات ومنها الأسمدة . والحصول على المحصول الأعظم يعتمد على عوامل عديدة والإدراة الزراعية الناجحة هى التى تتحكم في هذه العوامل وتطوعها على قدر الإمكان مثل :

- نوع التربة .    - المناخ .
- نوع وصنف المحصول السابق زراعته .
- تاريخ التسميد ونوعيته .
- الممارسات الزراعية .
- أسلوب مكافحة الآفات والحشائش .
- الرى والصرف .    - طرق مقاومة الإنجراف .

ويجب أن نضع في الاعتبار أن التسميد ضرورى فقط لمعالجة مشاكل الخصوبة فإضافة المزيد من الأسمدة لن يؤدى إلى زيادة ملموسة في المحصول ولذلك على الإدارة السليمة أن تسيطر بفعالية على جميع العوامل المحددة للحصول على أعلى إنتاج وربحية .

## التسميد في وجود الضغوط المختلفة

## Fertilization under stress

التسميد الصحيح أو الأمثل غالبا ما يطلق على التسميد الذى يتم في ظل ظروف النمو العادية ومع ذلك فالنبات قد يتعرض لضغوط معينة تفرض ضرورة إمداد النبات بمتطلبات غذائية كمية وعينية خاصة . فتحسين إمداد النبات بعنصر غذائى أو أكثر قد يزيد من مقاومة النبات للضغوط التى يتعرض لها وبالتالى يستطيع النبات اجتياز الفترات الخطرة في حياته .وتلعب الضغوط التالية دورا هاما في إنتاجية المحاصيل :-

- تأثير الأملاح .          - تأثير المناخ .
- تأثير حيوى .          - تأثير كيميائى (بيئى) .

واحد أو أكثر من الضغوط السابق ذكرها سواء كان مؤقتا أو دائما يكون بالقطع مسئولا عن تدهور الإنتاجية ولذلك فإستخدام التسميد لزيادة مقاومة النبات للظروف الصعبة التى يعيش فيها أو لرفع الأثر الضار لهذه الضغوط يعد أمرا حيويا وهاما وعند ذكر كلمة زيادة **المقاومة** هنا فنحن **نعنى زيادة المقاومة الطبيعية للنبات للتأثيرات المناخية والملحية والكيميائية والأمراض وذلك** بإمداد النبات بإحتياجاته الغذائية وتلافى وجود نقص في العناصر التى يحتاجها النبات .

**تسميد الأراضى الملحية**

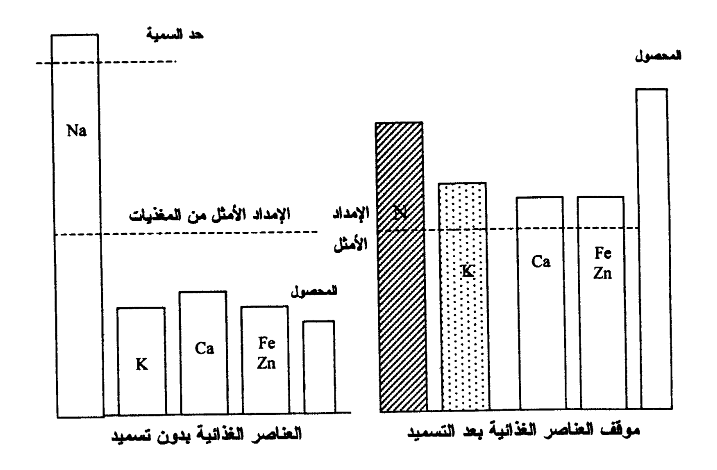
تتواجد معظم الأراضى الملحية في المناطق الجافة وسبب ملوحة التربة قد يكون طبيعيا أو ثانويا ناشئ من الرى وفى كل الأحوال فإن المحاصيل النامية في هذه الأراضي تكون ذات إنتاجية ضعيفة . وزيادة إنتاجية هذه الأراضى يتطلب إزالة الأملاح من التربة أو العمل على خفض الأثر الضار

للأملاح وذلك طريق التسميد المناسب لضمان التغذية الصحيحة للمحاصيل النامية .

تعانى النباتات في الأراضي الملحية من نقص المياه وأيضاً من عدم التوازن الغذائى الذى ينشأ من وجود زيادة كبيرة في تركيز بعض الأيونات (الصوديوم – الكلوريد – الكبريتات – المغنسيوم – البورون) ونقص حقيقى أو ظاهرى induced فى عناصر غذائية أخرى مثل البوتاسيوم والكالسيوم وبعض العناصر الدقيقة . يؤدى عدم التوازن الغذائى الناتج من وجود كميات كبيرة من بعض العناصر الضرورية وغير الضرورية من جهه ونقص في بعض العناصر الضرورية إلى نمو النبات تحت ضغط تغذوى nutritional stress مما ينتج عنه إنخفاض في المحصول بدرجات متفاوتة تبعاً لشدة هذا الضغط .

التسميد السليم يمكن ان يخفض من الضغط التغذوى الذى يتعرض له النبات فزيادة التسميد النيتروجيني وبالتالى زيادةتكوين البروتين يمكن أن يثبط من تأثير الكلوريد على الأنسجة وهنا يجب التنوية ان خفض إمتصاص الأملاح في منطقة الجذور وتصحيح نقص العناصر هام جداً للنبات ولذلك فإن زيادة التسميد البوتاسى يؤدى إلى خفض إمتصاص الصوديوم عن طريق التضاد antagonism ورفع الإمداد البوتاسى إلى المستوى الأمثل . نقص الكالسيوم في الأراضى الجيرية الملحية الغنية بالماغنسيوم أيضاً محتمل عند نمو نباتات معينة ولذلك يجب التسميد بالكالسيوم عن طريق الأوراق غالبا ما يؤدى إرتفاع درجة pH التربة في الأراضى الملحية إلى نقص في العناصر الغذائية الصغرى ولذلك يجب تصحيح هذا النقص عند طريق التسميد بالعناصر الصغرى .

ويوضح الشكل (15-1) تأثير تحسين تغذية النبات في الأراضى الملحية عن طريق التسميد .




شكل (15-1): تسميد الأراضى الملحية لتصحيح عدم توازن المغذيات في النبات

من الواضح أن تركيز الصوديوم بدون تسميد وصل إلى حد السمية وإمداد البوتاسيوم والكالسيوم والزنك والحديد أقل من المستوى العادى ولذلك فالمحصول الناتج كان ضعيفا . إضافة السماد البوتاسى أدى إلى خفض تركيز الصوديوم في النبات ورفع محتوى البوتاسيوم إلى المستوى العادى كما أن إضافة الحديد والزنك مع ما سبق سوف يؤدى إلى زيادة المحصول على الرغم من ملوحة التربة .

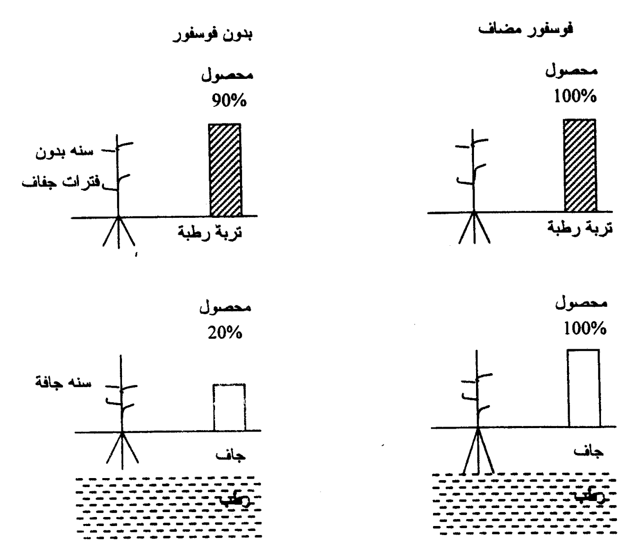
يراعى عند تسميد الأراضى الملحية عدم زيادة الأملاح عما هو موجود

فعلا وذلك بعدم استخدام الأسمدة عالية الذوبان في الماء ومثال ذلك إستخدام كبريتات البوتاسيوم بدلا من كلوريد البوتاسيوم . وأيضا تفادى استخدام كميات كبيرة من الأسمدة غير المرغوب فيها وإنما فقط استخدام المقدار الكافى لتصحيح نقص العناصر الموجودة .

**التسميد ومقاومة ضغط المناخ**

تمثل الظروف المناخية الصعبة ضغوط خطيرة على النبات من نواحى عديدة منها الجفاف – الحرارة – الإشعاع – البرودة – الحمل الميكانيكى .

- الجفاف (Dryness) وهو أمر شائع في المناطق الجافة والرطبة حيث تحد فترات الجفاف من الإنتاج الزراعي . فعند شح الماء تبدأ النباتات فى الذبول وذلك لفترة يكون فيها النبات قابل لاسترجاع نضارتة عند توافر الماء ويطلق على هذه الفترة فترة الذبول المؤقت وبزيادة فترة شح الماء يبدأ النبات في الدخول في مرحلة الذبول المستديم ويتعداها ليموت في النهاية . وبوجة عام فإن طول فترة الذبول المؤقت تؤدى إلى خفض الإنتاج لذا يجب على الإداره الزراعية أن تجعل الماء على قلته متاحا للنبات وذلك من خلال الإمداد الأمثل للعناصر الغذائية. **فالتسميد يستطيع توفير الماء** وهذا يعد أمرا هاما جدا في أراضى المناطق الجافة وأيضا في فترات الجفاف في المناطق الرطبة فيمكن للمحصول أن يقاوم الجفاف من خلال زيادة التسميد البوتاسى حيث يعمل البوتاسيوم على زيادة ضغط الامتلاء في النبات Plant turgor وبالتالى يخفض من النتح ويقل بالتالى مقدار الماء المفقود من النبات . أيضا تحسين التغذية بالفوسفور في بداية الزراعة يؤدى إلى تحسين نمو الجذور ومقدرتها على إختراق التربة لعمق أكبر لتصل إلى مناطق رطبة تحت التربة وبالتالى تستطيع العيش خلال فترة الجفاف (شكل 15-2) .




شكل (15-2): رسم تخطيطى يوضح فائدة التسميد الفوسفاتى لمقومة الجفاف

وبالمقارنة فإن النباتات التى لا تحظى بتسميد فوسفاتى تكون جذورها ضعيفة ولا تستطيع النمو وبالتالى تظل الجذورفي الجزء الجاف من التربة وهذا بالطبع في النهاية يؤثر على المحصول سلبيا بدرجة كبيرة . ذبول النبات لا يعنى دائما تلف نتيجة نقص المياه وإنما قد يكون بسبب نقص بعض العناصر الغذائية التى عجل بظهورها نتيجة الجفاف ومثال ذلك نقص المنجنيز خلال الجفاف يؤدى إلى اصفرار الأوراق ويعجل من الذبول المستديم فنقص العناصر غالبا ما يزيد من تأثير الجفاف ولذلك فإن تأثير الجفاف يمكن مقاومته عن طريق التسميد الأمثل .

**التسميد ومقاومة النبات للأمراض**

يمكن للتسميد الأمثل ان يزيد من مقاومة النبات الطبيعية للأمراض البكتيرية والفطرية وذلك لأن نقص عنصر غذائى أو أكثر يؤدى إلى اضطراب في العمليات الحيوية التى بدورها تضعف من المقاومة الطبيعية للنبات وفيما يلى بعض الأمثلة التى تعضر ذلك :

- نقص النيتروجين يؤدى إلى زيادة إحتمالات إصابة النبات بالطفيليات .
- يؤدي زيادة الأمداد النيتروجينى عن الحد الأمثل إلى تكون أنسجة اسفنجية وبالتالى يصبح النبات عرضة للإصابة بالفيروسات والبكتريا .
- نقص الفوسفور يزيد من مهاجمة الفطريات للنبات نتجية زيادة نسبة N/p في النبات .
- نقص البوتاسيوم يؤدى إلى خفض إنتاج الكربوهيدات (تصبح جدران الخلايا أقل سمكا) وهذا يؤدى إلى سهولة دخول الطفيليات إلى الخلايا .
- نقص السليكون يمنع تقوية إيبديرم خلايا الورقة بالسليكون Silification of leaf epidermis وبالتالى تسهل مهاجمة الحشرات للأوراق .

وبصفة عامة فإن النباتات تصبح أكثر عرضة للإصابة بالأمراض عند ما تضعف نتيجة نقص أو سمية أحد العناصر ومثال ذلك إصابة نباتات البرسيم بالنيماتودا في سومطرا مما يؤدى إلى موتها وذلك في الأراضى الحمضية ويرجع سبب ذلك إلى نقص أحد العناصر الضرورية للنبات وزيادة عنصر الألومونيوم ولذلك فتصحيح التوازن الغذائى في النباتى يعتبر أهم من مكافحة النيمانودا في هذه الحالة .

## تأثير التسميد على التربة

- **حموضة التربة**

بعض الأسمدة لها تأثير حامضى أو قاعدى على التربة كما أن البعض ليس له تأثير على pH التربة وفقد الكاتيونات بالغسيل . ويوضح التفاعل التالى تكوين الحموضة في الأرض عند إضافة الأسمدة الأمونيومية .

$$2NH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2 + 2H_2O + 4H$$

وبوجة عام فإن أغلب الأسمدة النيتروجينية الذائبة ذات تأثير حمضى بينما اليوريا ذات تأثير متعادل وسيناميد الكالسيوم ذو تأثير قاعدى ويوضح الجدول (2-15) تأثير بعض الأسمدة النيتروجينية على pH التربة .

جدول (2-15): تأثير الأسمدة النيتروجينية على تفاعل التربة

| أسمدة ذات تأثير حمضى | ١كجم N يسبب حموضة ($H^+$ مكافئ) |
|---|---|
| كبريت أمونيوم | 108 |
| كبريتات ونترات أمونيوم | 72 |
| نترات أمونيوم<br>يوريا<br>أمونيا | 36 |
| **أسمدة ذات تأثير قاعدى** | **خفض الحموضة ($H^+$ مكافئ)** |
| نترات كالسيوم | -28 |
| نترات صوديوم | -36 |
| سيناميد كالسيوم | -60 |

- **ملوحة التربة**

كلما إزداد ذوبان السماد الكيميائى كلما زاد ضغطه الأسموزى الذى ينشأ في منطقة الجذور أى أن الأسمدة الذائبة تزيد من ملوحة التربة ولذلك لا ينصح بإضافة بعض الأسمدة ملامسا للبذور أو البادرات .

وتقدر الملوحة المتوقعة من السماد بحساب ما يسمى دليل الملح (SI) Salt Index كما يلى :

$$\text{دليل الملح} = \frac{\text{الضغط الأسموزى الناتج عن أى سماد}}{\text{الضغط الأسموزى الناتج من نترات الصوديوم}} \times 100$$

وهنا يؤخذ سماد نترات الصوديوم كأساس لحساب دليل التملح ويقدر ضغطة الأسموزى بـــ 100 والجدول (15-3) يوضح دليل التملح لبعض الأسمدة :

جدول (15-3): دليل التملح لبعض الأسمدة

| السماد | دليل التملح SI |
|---|---|
| أمونيا | 47.1 |
| نترات أمونيوم | 104.7 |
| فوسفات أمونيوم | 26.9 |
| كبريتات أمونيوم | 69.0 |
| كربونات كالسيوم | 4.7 |
| سيتاميد كالسيوم | 31.0 |
| Manure salts 20% | 112.7 |
| نترات صودا | 100 |
| محلول النيتروجين 31% | 77.8 |
| كلوريد بوتاسيوم 60% | 116.3 |
| نترات بوتاسيوم | 73.6 |
| كبريتات بوتاسيوم ومغنيسيوم | 153.8 |
| سوبر فوسفات 16% | 43.2 |
| سوبر فوسفات 48% | 10.1 |
| يوريا | 66.4 |

**مخاليط الأسمدة**

يتم خلط الأسمدة في مصانع للخلط بحيث يحتوى السماد على العناصر السمادية الثلاثة ويتم التعبير عن تركيب السماد بأرقام تشير إلى محتويات السماد من النيتروجين (N) وخامس أكسيد الفوسفور $P_2O_5$ وأكسيد البوتاسيوم $K_2O$ كنسبة مئوية فمثلا سماد 10-10-5 تعنى أن مخلوط السماد يحتوى على 5% N ، 10% $P_2O_5$ ، 10% $K_2O$ أى أن الطن من السماد يحتوى على 50 كجم N ، 100كجم $P_2O_5$ ، 100كجم $K_2O$ . ويجب عند خلط الأسمدة اختيار مصادر العناصر السمادية حتى لا يؤدى خلطها إلى فقد بعض مركباتها السمادية أو تحولها إلى صور أقل يسرا للنبات .

**الأسمدة المركبة**

تبعا لنظام تقسيم تغذية النبات فإن العناصر الأساسية التى يتم إمدادها بواسطة الأسمدة هى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وعلى ذلك فيعرف السماد المركب multinutrient fertilizer بأنه السماد الذى يحتوى على أكثر من عنصر غذائى أساسى وهم النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم .

وتتميز الأسمدة المركبة بأن قيمتها الزراعية عالية وبالتالى تصبح ثمن الوحدة منها أرخص نسبيا وتستخدم المواد الخام الآتية في صناعة الأسمدة المركبة :

- صخر الفوسفات .
- حمض الكبريتيك .
- الأمونيا .
- كلوريد البوتاسيوم .

وتختلف إحتياجات المحاصيل غير البقولية النامية في الأراضى الجافة عن تلك النامية في أراضى المناطق الرطبة . تعانى أراضى المناطق الرطبة من نقص في الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم بينما أراضى المناطق الجافة تحتوى على كميات كافية لحاجة النبات من هذه العناصر ولكنها غالبا ما تحتاج

إلى أسمدة تحتوى على عنصرى النيتروجين والفوسفور فقط لكى تغطى احتياجات النبات .

**مثـــــال :** كون مخلوطا من سماد 10-10-5 من الأسمدة التالية :

- كبريتات أمونيوم ($20\%$ N) .
- سوبر فوسفات الكالسيوم ($20\%$ $P_2O_5$) .
- كلوريد بوتاسيوم ($60$ $K_2O$) .

**الحـــــل :**

كمية N التى يحتويها الطن من هذا السماد = $\frac{5}{100}\times 100 = 50$ كجم نيتروجين

∴ كمية كبريتات الأمونيوم التى تحتوى على 50 كجم نيتروجين = $\frac{50\times 100}{20} = 250$ كجم كبريتات أمونيوم .

كمية $P_2O_5$ التى يحتويها الطن من السماد = $\frac{10}{100}\times 1000 = 100$ كجم $P_2O_5$

∴ كمية سوبر فوسفات الكالسيوم التى تحتوى على 100 كجم $P_2O_5$ = $\frac{100\times 100}{20} = 500$ كجم سوبر فوسفات .

كمية $K_2O$ التى يحتويها الطن من السماد = $\frac{10}{100}\times 1000 = 100$ كجم $K_2O$ .

كمية كلوريد الكالسيوم الواجب إضافتها = $\frac{100}{60}\times 100 = 166$ كجم كلوريد البوتاسيوم .

∴ مجموع المخلوط الناتج = 250 + 500 + 166 = 916 كجم

ولذلك يضاف إليها 84 كجم مادة مالئة أو رمل .

**مميزات الأسمدة المخلوطة**

- خفض نفقات النقل والتعبئة والتخزين وذلك لإحتواء السماد المركب على عنصرى سماد أو أكثر .
- خفض نفقات إضافة السماد إلى التربة .
- توفير إحتياجات النبات من العناصر السمادية الأساسية الثلاثة والتى تحتاجها محاصيل الخضر والفاكهة .

## إضافة الأسمدة

### ١- الأسمدة الجافة

يمكن إضافة السماد قبل أو بعد أو خلال الزراعة ويتوقف ذلك على كمية السماد التى تحتاجها النبات حيث أن كبر الكميات التى تحتاجها النبات يستدعى تجزئة هذه الكميات وإضافتها على فترتين أو ثلاثة .

ويفضل إضافة الأسمدة النيتروجينية بوقت قصير قبل إحتياج النبات وذلك لتفادى الفقد بالغسيل أما الأسمدة الفوسفاتية والبوتاسيه وهما أقل حركة من النيتروجين فيمكن إضافتها قبل الزراعة نثرا أو تكبيش .

– الإضافة نثرا

نثر السماد مباشرة على التربة قبل الزراعة وأثناء خدمة التربة وذلك لتوفير وقت الزراعة والتغلب على مشكلة نقص الأيدى العاملة وهذه الطريقة تستهلك معدلات عالية من السماد .

– الإضافة تكبيش

يتم إضافة السماد على عمق صغير من سطح التربة أسفل مرقد البذرة حتى تستطيع الجذور عند نموها من الوصول إليه ويتميز بالآتى :

١) يمكن النبات الوصول إليه بسهولة وامتصاص كمية كبيرة من العنصر السمادى .

٢) وجود تركيز عالى من السماد في حجم محدود من الأرض .

٣) تقل تثبيت السماد الفوسفاتى وينصح بإتباع طريقة التكبيش في الأراضى الجيرية والفقيرة في الفوسفور .

– الإضافة بالتلامس بالبذرة pop up

وتتم إضافة السماد وذلك بوضع السماد ملاصق تماما لبذرة النبات أو غمس البذرة به وينصح بهذه الطريقة مع الذرة ولا ينصح بها مع فول الصويا ويجب توفر الشروط التالية عند التسميد بهذه الطريقة :

- أن يكون السماد ذو درجة ذوبان عالية .
- أن يحتوى السماد على تركيز منخفض من الأملاح الذائبة .
- يحتوى على عناصر NPK مع وجود كمية أكبر من الفوسفور .

ولقد تم إختبار العديد من الأسمدة كغشاء يغطى بذور نباتات العلف مثل اليوريا وسوبر فوسفات وكبريتات البوتاسيوم ووجد أن هذه الأسمدة مفيدة وخاصة في الأحوال التى يصعب فيها إضافة السماد بالطرق العادية مثل حصوية التربة وغير ذلك .

– خلط السماد بالتربة

تستخدم الآلات لتوزيع السماد أما على السطح أو في خطوط ويجب أن تتوفر الشروط التالية في هذه الآلات :

- مقاومة للصدأ والتآكل .
- انتظام التوزيع بعض النظر عن ميل التربة .
- سهولة الاستخدام والصيانة .

وتفضل استخدام هذه الآلات في المساحات الواسعة وقد شاع استخدام

الطائرات حديثا لتوزيع السماد الجاف وفيها يتم ضبط الكميات التى تنتشر بواسطة جهاز خاص ويعيب هذه الطريقة ترك مساحات دون تسميد أو ازدواجية تسميد بعض الشرائح .

٢- التسميد الورقى Foliar Fertilization

زاد الاهتمام في الوقت الحاضر باستخدام طريقة رش النبات بمحاليل تحتوى على العناصر الغذائية كوسيلة جديدة للتسميد خصوصا في أراضى المناطق الجافة ونصف الجافة حيث يعانى النبات درجات متفاوتة من الإصابة بنقص العناصر الغذائية . ويتم الأن إنتاج أسمدة في صورة محاليل مائية تحتوى على عنصر واحد أو أكثر من العناصر الغذائية في صورة قابلة للذوبان في الماء ويطلق على هذه الأسمدة اسم الأسمدة السائلة . وتعرف بأنها محاليل مائية تحتوى على العناصر السمادية في صورة بسيطة او مركبة قابلة للذوبان في الماء ومن أمثلتها الأمونيا المائية – محلول الأمونيا – محاليل النيتروجين – أسمدة مركبة مائية ( N + P + K + عناصر أخرى) .

**محاليل النيتروجين**

١- محاليل معبأة تحت ضغط وتشمل محاليل مائية للأمونيا – محاليل مائية لنترات الأمونيوم – محاليل تحتوى خليط من اليوريا والأمونيا – محلول سوبر الفوسفات الأمونيومى – وهذه المحاليل تحتوى نيتروجين يترواح من 20-58%

٢- محاليل عادية وتشمل : محلول مائى لليوريا (32% N) و محلول مائى لنترات الأمونيوم (20% N) .

والجدول التالى يوضح تركيب بعض الأسمدة النيتروجينية السائلة :

| السماد | % للماء | عدد ارطال النيتروجين لكل جالون (30م$^3$) |
|---|---|---|
| الأمونيا الجافة | 0 | 4.2 |
| الامونيا المائية | 76 | 1.5 |
| نترات الامونيوم (20%) | 43 | 2.1 |
| اليوريا | 50 | 2.2 |

يختلف ذوبان الأسمدة المختلفة في الماء والجدول التالى يوضح درجة ذوبانها على درجة حرارة ٢٠م .

| المركب أو السماد | عدد الأجزاء القابلة للذوبان لكل 100 جزء ماء |
|---|---|
| نترات النشادر | 118 |
| سلفات النشادر | 71 |
| نترات الكالسيوم | 102 |
| فوسفات ثنائى الامونيوم | 43 |
| فوسفات احادى الامونيوم | 23 |
| نترات الصوديوم | 73 |
| نترات البوتاسيوم | 13 |
| سوبر فوسفات العادى | 2 |
| سوبر فوسفات المركز | 4 |
| البوراكس | 5 |
| كلوريد البوتاسيوم | 60 |
| سلفات النحاس | 22 |
| سلفات المغنيسيوم | 71 |
| سلفات المنجنيز | 105 |
| موليبدات الصوديوم | 56 |
| سلفات الزنك | 75 |

**معدل امتصاص العناصر الغذائية بأوراق النبات**

تختلف حركة العناصر السمادية بالأوراق عن بعضها البعض كما يتضح من الجدول الآتى :

| عالية الحركة | متحركة | متحركة جزئيا | غير متحركة |
|---|---|---|---|
| النيتروجين<br>البوتاسيوم<br>الصوديوم | الفوسفور<br>الكلوريد<br>الكبريت | الزنك<br>النحاس<br>المنجنيز<br>الحديد<br>الموليبدنيوم | البورون<br>المغنيسيوم<br>الكالسيوم |

كما أن معدل امتصاص العناصر الغذائية بواسطة أوراق النبات يختلف من عنصر لأخر ومن نبات لأخر كما في الجدول التالي :

| العنصر | النبات المعامل | الزمن اللازم لامتصاص 50% من كمية العنصر المضاف |
|---|---|---|
| النيتروجين (يوريا) | الوالح<br>التفاح<br>الاناناس<br>قصب السكر<br>الموز<br>الخيار – الطماطم– الذرة<br>البقدونس – البطاطس | 1-2 ساعة<br>1-4 ساعة<br>1-4 ساعة<br>24 ساعة<br>1-6 ساعة<br>1-6 ساعة<br>12-24 ساعة |
| الفوسفور | التفاح<br>الفول<br>قصب السكر | 7-11 يوم<br>6 أيام<br>15 يوم |
| البوتاسيوم | الفول<br>القرع | 1-4 يوم |
| الكالسيوم | الفول | 4 أيام |
| المغنيسيوم | التفاح | 2.5 ساعة |
| الكبريت | الفول | 8 أيام |
| الكلوريد | الفول | 1-2 أيام |
| الحديد | الفول | 6 أيام |
| المنجنيز | الفول<br>فول الصويا | 1-3 أيام |
| الزنك | الفول | 24 ساعة |
| الموليبدنيوم | الفول | 12 يوم |

**الرش بأسمدة تحتوى على عناصر صغرى**

تعانى الأراضى المصرية من الانخفاض الشديد في قدرتها الامدادية للنبات بالعناصر الغذائية الصغرى ويلجأ كثير من المزارعين إلى إضافة هذه العناصر إلى الأراضى لعلاج النقص الظاهر على النباتات ولكن تفضل رش هذه الاسمدة على النباتات المصابة بالنقص وذلك لسرعة العلاج .

تستخدم محاليل تحتوى على عنصر سمادى واحد فقط أو أكثر. وقد تنجح عملية الرش بالنسبة لعنصر مثل النحاس ولكن لا تعطى نتائج مرضية بالنسبة للحديد مثلا .

**الحديد** : يستعمل محلول من 3-4% كبريتات حديدوز في الماء بمعدل 30 جالون للفدان ويضاف مادة مبللة مثل أكس 77 وباستخدام رشاش دقيق جدا . ويفضل الحديد في الصورة المخلبية .

**المنجنيز** : محلول رش مكون من خليط من 2 كجم كبريتات منجنيز مع 1 كجم رماد الصودا في 100 جالون ماء للفدان .

**الزنك** : يرش محاليل كبريتات الزنك في الماء أو الزنك المخلبى . ففى المتوسط 2 كجم كبريتات زنك لكل 100 جالون ماء ثم يضاف ماء الجير بمقدار 1 كجم أو الجير الصودى أو الجير الكبريتى بمعدل 1 كجم والرش .

**مزايا استخدام الأسمدة بالرش**

١- استخدام كميات أقل من السماد وتوزيعها متجانسا ويفضل إضافتها كلما احتاج إليها النبات .

٢- تجنب الأضرار بالبادرات وهو ما قد يحدث عند استخدام أسمدة جافة بمعدلات عالية .

٣- إمكان استخدام أسمدة ذات صفات طبيعية غير مناسبة مثل الأسمدة

المتميعة .

٤- في المناطق التى تعتمد على الامطار تكون استجابة النبات للتسميد بالرش أفضل بالمقارنة الجو الجاف .

٥- إزدياد معدل الأستفادة من العنصر المضاف بالرش .

٦- التغلب على العوامل التى تحد من امتصاص العنصر بواسطة جذور النبات .

٧- سرعة علاج نقص العناصر التى تظهر على النبات مثل نقص العناصر الغذائية الصغرى كالحديد والزنك .

**عيوب الرش**

١- بقايا المواد المرشوشة تشجع نمو وتكاثر العناكب .

٢- حدوث أضرار وحروق للأوراق إذا كان تركيز المادة في محاليل الرش مرتفعا وقد يؤدى ذلك إلى تساقط الأوراق . ولذا يفضل تجزئة المقدار الواجب رشه على النبات بحيث يرش على دفعات قد تصل أحيانا إلى عشرة دفعات .

**العوامل التى تؤثر على امتصاص العناصر وانتقالها داخل النبات**

١- درجة التصاق السائل بالورقة فخشونة سطح الورقة يعمل على خفض درجة الالتصاق وتكون أغشية هوائية أسفل نقطة المحلول يؤدى إلى خفض درجة انتشاره .

٢- تساعد المواد المبللة على زيادة انتشار محاليل الرش على سطح الورقة مما يساعد على الامتصاص ومن هذه المواد مادة فاترول 61 وغيرها.

٣- تزداد الكمية الممتصة من العنصر بزيادة تركيزة في محلول الرش .

٤- تساعد إضافة بعض المواد الهيجروسكوبية مثل الجلسرين والجليكول على حفظ سطوح الأوراق رطبة لمدة كافية حتى يتم امتصاص العنصر المرشوش .

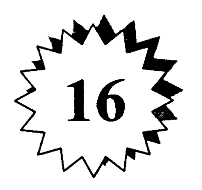
٥- تعمل درجات الحرارة على تأخير انتقال الفوسفات الممتصة عن طريق الأوراق وتعتبر درجة حرارة 21 م أكثر الدرجات ملائمة لامتصاص ونقل الفوسفات .

٦- يزداد معدل الامتصاص للعناصر المرشوشة بزيادة المساحة المغطاة بالمحلول من النبات .




# تأثير التسميد على البيئة

- ❖ تأثير التسميد على التربة.
- ❖ تأثير التسميد على الهواء.
- ❖ الأسمدة وتلوث الماء.
- ❖ الممارسات الزراعية المثلى لحماية الماء من التلوث النتروجينى.
- ❖ الممارسات الزراعية الضرورية لحماية الماء من التلوث بالفوسفور.




# تأثير التسميد على البيئة

تأثير التسميد على المكونات الأساسية للبيئة (التربة والماء والهواء) يستحق التعرض له لأن تأثير التسميد قد يكون إيجابيا أو سلبيا ولذلك فإن تقويم تأثير التسميد على البيئة يتطلب معرفة مميزات وعيوب التسميد وموازنتها للتوصل إلى الحكم الصحيح .

| |
|---|
| **تأثير التسميد على البيئة** |
| ١- التأثير على التربة |
| (أ) التأثير على تفاعل التربة (درجة حموضة التربة) . |
| (ب) التأثير على بناء التربة . |
| (ج) التأثير على الحياه في التربة . |
| (د) إحتمالات تجمع المواد السامة . |
| ٢- التأثير على الهواء |
| (أ) تحسين جودة الهواء . |
| (ب) إحتمالات تجمع المواد الضارة . |
| (ج) إحتمال ضرر درع الأوزون . |
| ٣- الأسمدة وتلوث الماء |
| (أ) تخصيب الماء . |
| (ب) الممارسات الزراعية لحماية المياه من التلوث . |

### (١) تأثير التسميد على التربة

يؤثر التسميد على التربة بطرق عديدة فإضافة الأسمدة في المقام الأول تهدف إلى تحسين التربة من أجل زيادة الإنتاج . بالإضافة إلى ذلك يوجد بعض المشاكل التى تنجم عن هذا التسميد نوجزها فيما يلى :

- العديد من الأسمدة لها تأثير حمضى وهذا في حد ذاته يعتبر تأثير سئ خاصة في الأراضى الحمضية فخفض درجة حموضة التربة قد تمثل مشكلة خطيرة في بعض الأراضى الحمضية حيث أن ذلك يؤثر سلبا وبدرجة خطيرة على حركة المغذيات وصلاحيتها وأيضا على ميكروبات التربة . وبوجة عام فإن التأثير الحمضى الذى نسببة الأسمدة يمكن بسهولة تلافية ولذلك لا تعد هذه بالمشكلة الخطيرة .
- بعض الأسمدة تحسن من بناء التربة بينما البعض الأخر وخاصة تلك التى تحتوى على كمية كبيرة من الصوديوم يكون لها تاثير سئ على بناء التربة كما أن الأسمدة ذات التأثير الحمضى يكون لها تأثير سئ على البناء وخاصة إذا ما تم إستخدامها لمدة طويلة ومع ذلك فإن التلف الذى تسببة هذه الأسمدة يمكن تلافية بسهولة وأخذ الأحتياطات اللازمة لمنعه ولذلك فلا يسعنا الحكم على تأثير الأسمدة على البناء بأنه تأثير خطير .
- يمكن أن يحدث تجمع للمواد السامة في التربة نتيجة الإفراط في إستخدام بعض الأسمدة وخاصة المحتوية على عناصر ثقيلة والمثال الصارخ هو إضافة مخلفات الصرف الصحى إلى التربة بكميات كبيرة مما ينجم عن ذلك تجمع للعناصر الثقيلة في التربة وهو ما يجعل التربة مكان لتجميع المخلفات بدلا من كونها بيئة لنمو النبات ويوضح الجدول رقم (16-1) الكميات الكلية من العناصر التى توجد في التربة العادية وأيضا

اقصى كمية يمكن السماح بتواجدها في التربة من هذه العناصر وفقط تحت ظروف خاصة .

- تأثير التسميد المعدنى على ميكروبات التربة له عدة وجوه فبدون شك ميكروبات التربة تتأثر بالحموضة الناتجة عن الأسمدة فنجد أعداد اقل من الديدان والميكروبات في الأراضى عالية التسميد بالمقارنة بالأعداد الموجودة في الأراضى المسمدة باعتدال وإن كان ذلك لا يعنى الكثير ويوجد أمثله تثبت العكس بأن التسميد المعدنى المكثف يعمل على تنشيط الميكروبات في التربة والحقيقة أن كل من الأسمدة المعدنية والعضوية تؤثر ان بشدة على أعداد وتركيب الأحياء في التربة .

والحقيقة أن كل من الأسمدة المعدنية والعضوية تؤثران بشدة على أعداد وتركيب الأحياء في التربة . والتى يعد نشاطها غاية في الأهمية لخصوبة التربة . والأسمدة المعدنية بصفة خاصة إذا تم إضافتها بطريقة صحيحة لتصحيح نقص العناصر فإنها تعمل دائما على زيادة نشاط احياء التربة .

تتأثر أحياء التربة بالتسميد في حالات خاصة فمثلا بعض الكائنات الحية التى تتحمل درجات pH عالية سوف بالقطع تتأثر بإضافة الجير إلى التربة كما أن نشاط البكتريا المثبتة للنيتروجين سوف تقل بزيادة كميات الأسمدة النتيتروجينية المضافة وبالرغم من ذلك كله فإن النشاط الكلى للكائنات الحيه سوف يزيد نتيجة التسميد لأن النشاط عموما يزيد بزيادة خصوبة التربة والذى يعد الهدف الأساسى للتسميد جدول (16-1) .

| العنصر | المحتوى العادى ppm | المحتوى المقبول (الأقصى) ppm |
|---|---|---|
| الزرنيخ (As) | 2-20 | 20 |
| بيربليوم (Be) | 1-5 | 10 |
| رصاص (Pb) | 0.1-20 | 100 |
| بروم (Br) | 1-10 | 10 |
| كادميوم (Cd) | 0.1-1 | 5 |
| كروم (Cr) | 10-50 | 100 |

| | | |
|---|---|---|
| فلور (F) | 50-200 | 200 |
| كوبالت (Co) | 1-10 | 50 |
| نحاس (Cu) | 5-20 | 100 |
| موليبدنيوم (Mo) | 1-5 | 5 |
| نيكل (Ni) | 10-50 | 50 |
| زئبق (Hg) | 0.1-1 | 5 |
| سيلينيوم (Se) | 0.1-5 | 10 |
| فاناديوم (V) | 10-100 | 50 |
| زنك (Zn) | 10-50 | 300 |
| قصدير (Sn) | 1-20 | 50 |
| بورون (B) | 5-30 | 25 |

## (٢) تأثير التسميد على الهواء

- يؤدى التسميد إلى زيادة المحصول وأيضا زيادة الأكسجين ($O_2$) من خلال التمثيل الضوئى وتكون زيادة الأكسجين مساوية للزيادة في المحصول فالحقل (هكتار) الذى ينتج 30 طن من الحبوب ، 30 طن من القش ينتج أيضا 60 طن من $O_2$ خلال فترة النمو وعلى ذلك فحوالى 120 طن من الأكسجين يتم إنتاجهم عندما يتضاعف المحصول نتيجة التسميد ويحتاج الفرد إلى 0.3 kg $O_2$/day أى 5 طن أكسجين في العام ولذلك فإن حقل جيد التسميد مساحته هكتار ينتج أكسجين زيادة يكفى لعدد 10 أفراد إذا ما تم تسميدة بالمقارنة بالحقل غير المسمد .
- تنقية الجو وذلك بإمتصاص النباتات لثانى أكسيد الكربون من الهواء بالإضافة إلى إطلاق الأكسجين وايضا تعمل النباتات على إزالة العديد من المواد السامة من الهواء والعمليات السابقة بالطبع تزداد نتيجة التسميد ولذلك فالنتيجة النهائية للتسميد على الهواء هى نتيجة إيجابية .

- يصاحب التسميد إنطلاق بعض الغازات الضارة مثل الأمونيا وأكاسيد النيتروجين ولكن هذه الغازات يتم معادلتها بواسطة النباتات بما تطلقة من أكسجين والنتيجة النهائية هى تنقية الهواء .

**عكس التأزت والأشعة فوق البنفسجية**

- يؤدى عكس التأزت في التربة إلى تكوين أكاسيد النيتروجين ( $NO, NO_2, N_2O$) بالإضافة إلى جزئ النيتروجين ($N_2$) . ويعود $NO_2$ , $NO$ ثانية إلى التربة مع الأمطار على صورة أحماض مخففة والتى تؤثر بدرجة ضعيفة على حموضة التربة .
- ينطلق أكسيد النيتروز ($N_2O$ ) إلى طبقة الأوزون في الستراتوسفير (الطبقة التى تحمى الكرة الأرضية من الأشعاعات فوق البنفسجية الضارة) وتعمل على تحللها ولذلك فإن زيادة $N_2O$ سوف يزيد من تحلل طبقة الأزون وينتج عن ذلك زيادة الاشعاعات فوق البنفسجية التى تصل إلى الأرض وتسبب أمراض جلدية خطيرة .
- العلاقة بين إنطلاق أكسيد البتزوز والتسميد يأتى من منطلق أن زيادة التسميد النيتروجينى سوف يزيد من تكون أكسيد النيتروز الضار لطبقة الأوزون وبالطبع فتوجية الاتهامات يجب أن يعتمد على أرقام وحسابات كمية وليس على التكهنات فالغطاء النباتى على الكرة الأرضية يحتاج إلى حوالى 200 مليون طن من النيتروجين كل عام . وتمثل الأسمدة النيتروجينية التجارية في الوقت الحاضر حوالى 20% من هذه الكمية أى تمثل 40 مليون طن . ولما كان الفقد من هذه الأسمدة عند طريق عكس التأزت تتراوح بين 5-30% بمتوسط 10% . $N_2O$ المنطلقة نتيجة عكس التأزت تمثل حوالى 5% وبالتالى فإن الأسمدة تنتج حوالى 0.2 مليون طن من النيتروجين في صورة $N_2O$ كل عام والرقم السابق ذكرة يجب مقارنته

بكمية النيتروجين المنطلقة من عكس التأزت الكلى في المناطق الجافة من الكرة الأرضية بدون إضافة أسمدة وتبلغ 7 مليون طن وبالتالى نجد أن التسميد يساهم بقدر ضئيل (3%) من اكسيد النيتروز المنطلق من الأرض طبيعيا . ولذلك فإن مساهمة السماد في الإنتاج الكلى من $N_2O$ في الأرض تبدو غير معنوية في الوقت الحاضر .

**(٣) الأسمدة وتلوث الماء**

**إثراء الماء بالمغذيات (تخصيب الماء) Eutrophication ،**

يعرف تخصيب الماء Eutrophication بأنه زيادة تركيز العناصر الغذائية الصالحة لنمو النبات في المياه السطحية وهذه الزيادة عادة ما تصحب مصادر النشاط الإنساني . وحالة العناصر الغذائية في البحيرات تعتبر هي الأساسي الذي يبنى عليه إدارة البحيرات حيث أن وتركيز العناصر الغذائية في البحيرة يتغير من حاله إلى أخرى وتعتبر الزراعة هي المصدر الأول والأساسي لها .

وعلى الرغم من أن عنصري النيتروجين والفوسفور هما السبب في تخصيب الماء Eutrophication إلا أن تقسيم حاله المغذيات trophic status تعتبر على العنصر المغذى المحدد وهو الفوسفور ويوضح الجدول رقم (16-2) العلاقة بين مستوى عنصر الفوسفور trophic level وصفات البحيرة .

تأثير المغذيات يكون واضح جدا حيث تنمو الطحالب بدرجة كبيرة في البحيرة ولكن العمليات والقياسات التي تؤدى إلى زيادة المغذيات هي عملية معقدة ويوضح الجدول رقم (16-3) نوع المتغيرات التي يجب أخذها في الاعتبار عند دراسة التخصيب Eutrophication .

جدول رقم (16-2): العلاقة بين مستوى المغذيات في البحيرة وخصائصها

| حالة البحيرة | المادة العضوية $mg/m^3$ | الفوسفور الكلى $mg/m^3$ | الكلوروفيل $mg/m^3$ | * عمق Secchi m |
|---|---|---|---|---|
| Oligotrophic | منخفض | 8.0 | 4.2 | 9.9 |
| Mesotrophic | متوسط | 26.7 | 16.1 | 4.2 |
| Eutrophic | عالى | 84.4 | 42.6 | 2.45 |
| hypertrophic | عالى جدا | 750-1200 | - | 0.4-0.5 |

* عمق secchi : هو مقياس العكارة في عمود الماء في البحيرة .

جدول رقم (16-3): المتغيرات التي يتم تقديرها لتقييم ومتابعة حاله المغذيات في البحيرة

| المتغيرات | | المتغير |
|---|---|---|
| المتغير سريع على المدى القصير | المتغير بطئ على المدى القصير | |
| كتله النباتات الطحالب والأنواع السائدة منها | Zooplankton Bottom Founa Standing Crop | المغذيات (الكمية الكلية) الفوسفور الكلى ، الفوسفور الصالح ، النيتروجين الكلى الأمونيا + النترات |
| الكلورفيل | الفرق بين التركيز في الصيف والشتاء لعناصر Si , N , P | التركيز |
| الكربون العضوى والنيتروجين | الفرق بين تركيز الأكسجين في الصيف والشتاء . | السليكا النشطة |
| معدل الإنتاج اليومى | الإنتاج السنوى | العناصر الصغرى |

وتتلخص تأثير وأعراض زيادة المغذيات في البحيرات فيما يلى :

- زيادة إنتاج وكتلة النباتات المائية وما يصاحبها من طحالب .
- تحل أنواع غير مرغوب فيها من الأسماك محل الأنواع المرغوب فيها مثل السلمون .

- انخفاض مستوى الأكسجين في البحيرة مما يؤدى إلى قتل الأسماك .
- تغير الطعم والرائحة للماء وبالذات في مرحلة إزهار نمو الطحالب .
- تلوث المياه الجوفية أساسا بالنترات .

والمشكلات التي سبق الإشارة إليها تنجم أساسا من الأسمدة التى تضاف للأراضي الزراعية والأفراط في إستخدامها (FAO, 1991) .

**دور الزراعة في تخصيب الماء**

لخصت منظمه الأغذية والزراعة (FAO 1991) تأثير الأسمدة على جودة المياه فيما يلي :

١) يؤدى تخصيب المياه السطحية إلى نمو هائل للطحالب مما يسبب تغيرات شديدة في الاتزان البيولوجي في المياه شاملا قتل الأسماك .

٢) تلوث المياه الجوفية بالنترات علما بأن المياه الجوفية تعد مصدرا أساسيا لمياه الشرب للعديد من الدول .

وتقييم دور الزراعة بدقة في تخصيب المياه السطحية من الصعب تقديره كميا وبالرغم من ذلك فإن بعض الدول قامت بعمل حسابات تقريبية وتبين أن الزراعة الأوروبية مسئوله عن 60% من محتوى بحر الشمال من النيتروجين RIVM (1992) . أما تشيكوسلوفاكيا فلقد أوردت أن الزراعة مسئوله بنسبة 48% عن تلوث المياه السطحية . والجدير بالذكر أن بحيرة إيري Erie في سنه 1960 ( من البحيرات العظمى في أمريكا الشمالية) تم الإعلان عنها بأنها بحيرة ميته وذلك نتيجة لارتفاع مستوى المغذيات بها والذي صاحبه نمو متزايد للطحالب وموت الأسماك وظروف قاع غير هوائية ويوضح الجدول رقم (4-16) كميات الفاقد من العناصر الغذائية نتيجة التسميد .

ويلاحظ ارتفاع فقد المغذيات من المحاصيل المسمدة بكميات كبيرة من

الأسمدة بالمقارنة بالمراعى التي تصلها كميات قليلة من الأسمدة . وهنا يجب التنويه أن الزراعة باتباع أساليب إدارة ضعيفة للأراضي يمكن أن ينتج عنها تعريه وانجراف وبالتالي تفقد كميات كبيرة من العناصر الغذائية فالأسمدة العضوية والحمأة يمكن أن تمد التربة من خلال العمليات البيولوجية بتركيزات عاليه من المنتجات الخطرة وذلك بالمقارنة بالأسمدة غير العضوية .

جدول رقم (16-4 ): قيم بعض العناصر الغذائية المفقودة نتيجة التسميد

| الموقع | الاستخدام | الفوسفور كجم/هكتار/سنه | نيتروجين كجم/هكتار/سنه |
|---|---|---|---|
| جنوب أونتاريوا | أراضى منزرعة محاصيل | 0.415 | |
| كندا | ذرة-بطاطس-بقوليات-جنوب مراعى | | 26.0<br>0.1 |
| أمريكا الشمالية | محاصيل مختلفة | | 0.2-37.1 |
| المجر | محاصيل | 1.14 | |
| الدنمارك | محاصيل + تربية الحيوان | | 316 |
| الولايات المتحدة الأمريكية | محاصيل (زراعة غير مكثفة) | | 64 |
| كوت دافور | الزراعة | 29.0 | 98 |

**الأسمدة العضوية**

يؤدى التسميد العضوي إلى كثير من المشاكل البيئة التي يجب أن نوليها عناية خاصة . فالأسمدة المنتجة من مخلفات الأبقار والخنازير والدجاج تستخدم كسماد عضوي في جميع أنحاء العالم . بالإضافة إلى ذلك فبعض البلاد

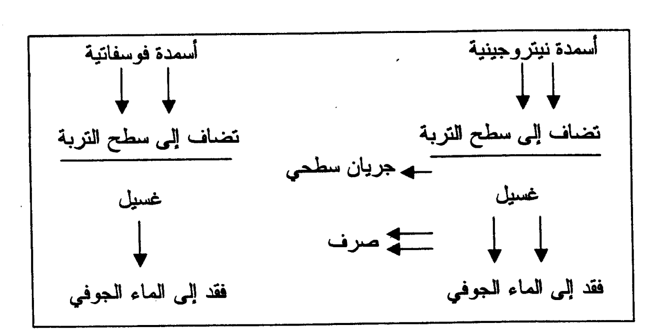
الأسيوية تستخدم الحمأة (مخلفات الإنسان) في تسميد الأراضي والمزارع السمكية . ولقد تسبب التوسع في مشاريع الإنتاج الحيواني والألبان بدرجة كبيرة وخاصة في البلاد الأوربية وشمال أمريكا إلى مشاكل تكون أكثر وضوحا في الأماكن التي يكون فيها كميات الأسمدة العضوية المنتجة تزيد عن قدرة التربة على استيعاب هذه الأسمدة وتحليلها كما في شرق وجنوب هولندا

ولقد لخص تقرير منظمة الأغذية والزراعة (FAO(ECE 1991 تأثير التسميد العضوي المكثف فيما يلي :

١- تخصيب المياه السطحية نتيجة انجراف الأسمدة العضوية نفسها أو غسيل النترات والفوسفات والبوتاسيوم من التربة .

٢- تلوث الماء الجوفي بالنترات المغسولة من قطاع التربة.

٣- تلوث المياه الجوفية والسطحية بالعناصر الثقيلة وما تمثله زيادة تركيز هذه العناصر من أثر سئ على صحة الإنسان والحيوان وعلى سبيل المثال . احتواء مخلفات بعض الحيوانات (الخنازير) على تركيزات عاليه من النحاس .




**الشكل رقم (16-1) يوضح رسم تخطيطي لفقد النيتروجين والفوسفور**

٤- حموضة التربة نتيجة الأمونيا المتطايرة من الأسمدة العضوية عند نشرها على التربة حيث تعتبر الأمونيا من أهم مسببات حموضة التربة وخاصة في المناطق التي تتركز فيها الزراعة العضوية .

## الممارسات الزراعية المثلى لإدارة الأسمدة النيتروجينية بغرض حماية الماء من التلوث

### دورة النيتروجين

يعتبر النيتروجين من العناصر الضرورية لحياه النبات والحيوان . وبوجه عام فإن الزراعة تؤثر على كميات النيتروجين المضافة إلى الأرض أو المستنزفة منها . وكميات النيتروجين المضافة إلى التربة تشمل الأسمدة النيتروجينيه – بقايا النباتات – النتروجين المثبت بواسطة البقوليات والمخلفات الحيوانية . أما كميات النيتروجين المستنزفة من التربة نتيجة الزراعة فتشمل حصاد المحاصيل ، امتصاص النبات وغسيل النيتروجين من التربة . ولأن مصادر تلوث المياه تشمل الأسمدة النيتروجينية والمخلفات العضوية فإن الإدارة المثلى للتسميد النيتروجيني يجب توظيفها للحد من التلوث النتراتى للمياه وتشمل:–

### أ – تحليل دورى لعينات التربة

أخذ عينات التربة وتحليلها تعد أحد الخطوات الهامة في الإدارة المثلى للنيتروجين التي تؤخذ في الاعتبار كمية النيتروجين المتاح للنبات والتي تتواجد بالفعل في القطاع الأرضي . عينات التربة المتحصل عليها تؤخذ ٣–٤ أسابيع قبل الزراعة وتكون هذه العينات ممثلة للحقل وتؤخذ على عمق مناسب ويتم تحليلها بالنسبة للنيتروجين على أن تتكرر هذه التحليلات كل عام .

ب- التوصيات السماديه

إضافة الأسمدة النيتروجينية للأراضي يجب أن يتم بناءا على توصيات الأسمدة لكل منطقة ولكل محصول . وبوجه عام فإن التوصيات السمادية أخذ في الاعتبار النيتروجيني المتبقي في قطاع التربة وكمية النيتروجين المتحرر من المواد العضوية خلال نمو المحصول والمحصول المرغوب الحصول عليه وأيضا النيتروجين المتحرر من بقايا المحصول السابق .

ت- توقيت إضافة السماد

يعتبر توقيت إضافة السماد عامل هام ومؤثر فى المحصول وكفاءة إضافة الأسمدة النيتروجينية والعائد الاقتصادي للمحاصيل وذلك لأن الفترة بين إضافة السماد النيتروجيني وامتصاص المحصول للنيتروجين تعتبر فترة حرجة .

فإضافة السماد النيتروجيني في توقيت غير مناسب ينتج عنه فقد النيتروجين على صورة نترات خلال عملية الغسيل إلى الماء الجوفي والإدارة الصحيحة لإضافة الأسمدة النيتروجينية تشمل :

١) إضافة النيتروجين في الربيع وذلك للمحاصيل الشتوية .

٢) إضافة جزء من الاحتياجات السمادية النيتروجينية للتربة قبل الزراعة.

٣) إضافة السماد النيتروجيني على دفعات بدلا من دفعة واحدة .

٤) إضافة السماد النيتروجيني على جانب الخط في الأراضي المروية .

٥) استخدام اختبارات التربة لتحديد احتياجات المحصول من السماد النيتروجيني .

ث- طريقة إضافة السماد

تلعب طريقة إضافة الأسمدة النيتروجينية دورا هاما في زيادة كفاءة إدارة

المحاصيل . فالطريقة الصحيحة لإضافة الأسمدة غالبا ما تزيد من كفاءة امتصاص النبات للمغذيات وبالتالي تؤدى إلى زيادة المحصول الأعظم . ويتضح أهمية طريقة إضافة الأسمدة بصفة خاصة عند الزراعة تحت نظم الحرث المختزل .

والإدارة الصحيحة لطريقة إضافة الأسمدة تشمل:-

١) إضافة النيتروجين أسفل البذرة عند الزراعة .

٢) .إضافة جزء قليل من السماد النيتروجيني مع البذرة عند الزراعة .

٣) إضافة النيتروجين تكبيشا على سطح التربة في الأراضي التي يمثل الغسيل فيها مشكلة محتملة .

**ج- الإمداد النيتروجيني من البقوليات والأسمدة العضوية**

يتطلب الاستخدام الأمثل للأسمدة النيتروجينية أن يؤخذ في الاعتبار النيتروجين المضاف للتربة عن طريق الأسمدة العضوية المضافة وكذلك النيتروجين المثبت بواسطة المحاصيل البقولية . ولقد أوضحت الأبحاث أن الأسمدة العضوية يمكنها الوفاء بقدر كبير من الاحتياجات النيتروجينية للمحاصيل . بالإضافة إلى ذلك فإن محاصيل العائلة البقولية مثل البرسيم يمكنها أن تمد المحصول الثاني في الدورة الزراعية بحوالي 100 كيلو جرام نيتروجين تقريبا . ولذلك فإن الأخذ في الاعتبار الإمداد النيتروجيني الناتج عن الأسمدة العضوية والمحاصيل البقولية عند التسميد بالأسمدة النيتروجينية يمكن أن يخفض من معدل إضافة هذه الأسمدة بدرجة كبيرة وبالتالي نتجنب التسميد الزائد عن حاجة النبات .

**ح- إدارة الأسمدة العضوية**

غالبا ما ينظر إلى الأسمدة العضوية على أنها مخلفات يجب التخلص منها

والحقيقة أن الأسمدة العضوية تعتبر مصدرا هاما لإمداد التربة بالعناصر الغذائية . فالسماد العضوي يمكن أن يمد المحاصيل بكميات كافية من العناصر الغذائية كما أن إضافة المادة العضوية إلى الأراضي تعمل على تحسين بناء التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالماء . لذلك يجب علينا استخدام هذه الأسمدة بكفاءة والاستفادة منها . وللحد من فقد النيتروجين عن طريق الغسيل والجريان السطحي فيجب تحديد الكمية العظمى من السماد العضوي الذي يجب إضافته إلى التربة وذلك تبعا لمحتوى السماد من النيتروجين .

**خ – إدارة نظم الري**

يعتبر الإسراف في مياه الري من العوامل الرئيسية المسببة لزيادة مستوى النترات في الماء ولذلك فيجب على المزارعين حماية الماء وذلك بالأخذ في الاعتبار ما يلي :

١) إضافة الكمية الفعلية من مياه الري التي يحتاجها النبات وذلك لخفض الغسيل .

٢) الأخذ في الاعتبار تركيز النترات في مياه الري عند إضافة الأسمدة النيتروجينية .

٣) إتباع نظام ري كفء بالأخذ في الاعتبار مقدرة التربة على امتصاص الماء ، مرحلة نمو المحصول ، معدل البخر والأمطار والرى السابق وذلك لتحديد وقت وكمية مياه الري الواجب إضافتها للمحصول .

**د– اختيار دورات زراعية**

زراعة المحاصيل فى دورات له تأثير كبير على حركة النيتروجين في التربة . فالمحاصيل البقولية على سبيل المثال لا تحتاج إضافة كميات كبيرة من الأسمدة النيتروجينية حيث أن لها المقدرة على استخلاص النيتروجين الموجود

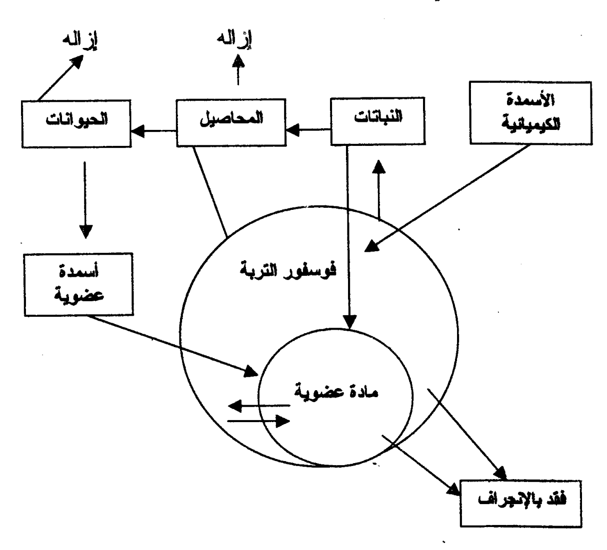
فى التربة والناتج من تسميد المحصول السابق . بالإضافة إلى أن زراعة محاصيل ذات احتياج نيتروجيني منخفض بالتناوب مع محاصيل ذات احتياجات نيتروجيني عالية يؤدى في النهاية إلى خفض كميات النيتروجيني الكلية المضافة إلى التربة .

**ملخص الخطوات الواجب مراعاتها عند التسميد النيتروجيني لحماية الماء :**

- استخدام نتائج اختبارات التربة والنبات لتحديد الإضافات المثلى للنيتروجين.
- ربط كميات الأسمدة النيتروجينية المضافة بالمحصول الواقعي المراد الوصول إليه .
- الأخذ فى الاعتبار النتروجين المثبت بواسطة البقوليات عند تسميدها .
- إضافة الأسمدة النيتروجينة تبعا لإحتياجات النبات .
- إضافة الأسمدة العضوية تبعا للاحتياجات الغذائية للمحصول .
- اتباع الإدارة السليمة للتسميد مع الري .
- اتباع الدورة الزراعية ما أمكن .
- إتباع نظام ري كفء لتقليل الغسيل .

## الممارسات الزراعية الضرورية لحماية المياه السطحية من التلوث بالفوسفور

سبق أن تعارضنا إلى أن الفوسفور يعد أحد ملوثات البحيرات والأنهار وتعد الزراعة من أهم مصادر التلوث . ويعتبر الفوسفور هام لكل أشكال الحياه على الأرض ولذلك فهو ينتشر في كل مكان في صور بيولوجية عديدة صالحة للأمتصاص ويتم إمتصاصه الفوسفور من التربة بواسطة النباتات ويحدث تدوير لعنصر الفوسفور في البيئة ليصل إلى النباتات والحيوانات من خلال دورة الفوسفور شكل (16-2) . ويلاحظ من الدورة أن الأسمدة الفوسفاتية تعد أحد مصادر الفوسفور في الدورة .




**شكل (16-2): دورة الفوسفور في الزراعة ويلاحظ أن الأسمدة الكيميائية تعد أحد المصادر الهامة للفوسفور فيها .**

كثير من الأنشطة البشرية تؤدى إلى تلوث المياه السطحية وتعد الزراعة والتسميد الفوسفورى من أكثر الأنشطة التى تضيف كميات كبيرة من الفوسفور إلى المياه السطحية نتيجة عمليات الجريان السطحي والتعرية حيث تعمل الأنشطة المصاحبة للزراعة الحديثة إلى زيادة إنجراف التربة وماء الجريان السطحي ونقل الترسبات الناتجة عنهما إلى الماء السطحي . ويمكن التحكم في تلوث المياه السطحية بالفوسفور عن طريق خفض إنجراف التربة وتحجيمها بعيدا عن البحيرات والأنهار.

ولحماية المياه السطحية من التلوث فإن الإدارة المثلى للتسميد الفوسفورى والعضوى يجب توظيفها وتشمل :

### أ ) التحكم في إنجراف التربه .

يعد كل من الجريان السطحي وإنجراف التربة أهم أسباب تلوث المياه السطحية بالفوسفور حيث أن إزالة الطبقة السطحية الخصبة من التربة – يسبب تدهور إنتاجية هذه الأراضي – عن طريق التعرية وحملها بواسطة ماء الجريان السطحي إلى المجارى المائية يؤدى إلى تخصيب هذه المياه وما يتبعه من تدهور البيئة الطبيعية للأسماك وكذلك تدهور جودة المياه والحد من استغلالها للأغراض الصحية والترفيهية . ولما كانت الترسبات هى المصدر الرئيسي لتلوث المياه بالفوسفور فيجب علينا للتحكم في الجريان السطحي وإنجراف التربة إتباع الممارسات التالية :

- غطاء نباتي دائم .

يجب العمل على إقامة غطاء نباتي دائم في الأراضي التي لا تستخدم في الإنتاج الزراعي وذلك لحماية التربة من الانجراف .

- إدارة المخلفات .

استخدام الحرث الذى يحتفظ بمخلفات المحاصيل السابقة على سطح التربة .

- الزراعة الكونتورية .

استخدام أساليب الزراعة الكنتورية في الأراضي شديدة الانحدار وذلك بالزراعة على خطوط عمودية على اتجاه الانحدار .

- الزراعة في شرائط .

زراعة محاصيل مختلفة متجاورة من الحبوب والعلف .

- زراعة محاصيل جذرية .
- استخدام Mulching .
- استخدام بقايا نباتية وتركها فوق سطح التربة لحماية التربة من الأنجراف.
- استخدام مناطق عازله .

زراعة مناطق بالحشائش بجوار المحاصيل المختلفة حيث تعمل هذه المناطق كمنطقة استقبال للأتربة المنجرفة نتيجة التعرية والجريان السطحي .

**ب) اختبارات التربة وتوصيات السماد .**

معدلات إضافة الأسمدة الفوسفاتية إلى المحاصيل المختلفة يجب أن تعتمد على أسس علمية . فتوصيات إضافة السماد الفوسفاتي لابد من ربطها باختبارات التربة التى تجرى بالمعمل وكذلك استجابة المحصول لمعدلات السماد الفوسفاتي المضافة . وفى البلاد المتقدمة تم تطوير توصيات الأسمدة للمحاصيل المختلفة وإيجاد علاقة بين اختبارات التربة للفوسفور التي تجرى في المعمل وهذه التوصيات وللأسف الشديد فإن توصيات الأسمدة في البلدان

النامية لم يتم تطويرها بالدرجة الكافية للإعتماد عليها .

وعند إجراء اختبارات التربة للفوسفور يجب الاهتمام بأخذ عينات التربة قبل الزراعة بثلاثة أسابيع كما يجب أن تكون هذه العينات ممثله تمثيلا دقيقا للحقل مع والحرص على أخذ العينات على عمق 30 سم من السطح . أيضا يجب أخذ عينات التربة مرة واحدة على الأقل خلال الدورة الزراعية والاحتفاظ بسجلات مستوى العناصر في التربة لكل حقل .

**ج) طريقة وضع السماد .**

أن الطريقة الصحيحة لوضع السماد في منطقة الجذور هامة جدا لزيادة كفاءة امتصاص النبات للعناصر الغذائية وبالتالي الحصول على المحصول الأعظم . ولذلك يجب عدم وضع السماد الفوسفاتي على سطح التربة نثرا وإنما يجب إضافته تكبيشا تحت البذرة أو مع البذرة وذلك لخفض الفاقد من الفوسفور عن طريق الإنجراف .

**د ) إدارة السماد المعدنى .**

أن الإدارة المثلى لخصوبة التربة في الحقل الواحد يمكن أن تؤدى إلى زيادة كفاءة استخدام الأسمدة وزيادة العائد الاقتصادي للمحصول مع خفض التلوث البيئى ولاستخدام استراتيجية فعاله إتبع ما يلى :

١- قسم الحقل إلى وحدات إدارية مختلفة تبعا للقدرة الإنتاجية لكل قسم .

٢- خذ عينات تربة ممثلة لكل قسم (وحدة إدارية) .

٣- استخدام جداول توصيات الأسمدة لإضافة السماد تبعا للمقدرة الإنتاجية لكل قسم (وحدة) وبناء على نتائج تحليل التربة لكل وحدة إدارية .

**هـ) إدارة السماد العضوى .**

الجريان السطحي من الحقول المسمدة بالأسمدة العضوية يحمل الملوثات الذائبة والرسوبيات المحملة بالملوثات إلى المياه السطحية . وبالتالي فإن السماد العضوي الذي يحتوى على تركيزات عالية من الفوسفور يكون له تأثير سئ على جودة المياه السطحية . ولذلك فإن إدارة الأسمدة العضوية يجب أن تأخذ في الاعتبار طرق ومعدل وزمن إضافة السماد العضوي وكذلك طرق تخزين هذا السماد .

وبوجه عام فإن إضافة السماد العضوي تحت سطح التربة أو خلطة بالتربة يمكن أن يخفض من تلوث المياه السطحية بالفوسفور . أيضا يجب الأخذ في الاعتبار محتوى الفوسفور في السماد العضوي المضاف إلى التربة عند التسميد بالأسمدة الفوسفاتية . وتعتبر فترة الشتاء هي الفترة التي يتعاظم فيها احتمالات تلوث المياه السطحية بالفوسفور نتيجة إضافة الأسمدة العضوية وذلك لصعوبة تحلل الأسمدة وزيادة الجريان السطحي في هذه الفترة .

أيضا عند إضافة الأسمدة العضوية يجب الأخذ في الاعتبار موقع الحقل والانحدار وقرب الموقع من المجارى المائية .

**و) إدارة بقايا النباتات .**

إستخدام الحرث غير العميق Conservative والذي يسمح بالاحتفاظ بمخلفات النبات على سطح التربة تعتبر من الممارسات الصحيحة لحماية المياه السطحية من التلوث بالفوسفور لأنه يخفض كل من الانجراف والجريان السطحي .

**ر) المناطق المنظمة Buffer Areas**

زراعة شريط من التربة حول المسطحات المائية يعمل على خفض

محتوى ماء الجريان السطحي من المغذيات والرسوبيات حيث تعمل هذه المناطق العازلة على خفض سرعة ماء الجريان السطحي عند مرروه بها وبالتالي تقل قدرته على حمل الرسوبيات بالإضافة إلى ترسب الرسوبيات في هذه المنطقة العازلة وتخلل ماء الجريان السطحي لهذه المنطقة مما يؤدى إلى خفض حمولة ماء الجريان السطحي بدرجة كبيرة .

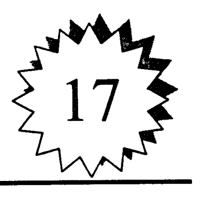
**ملخص الممارسات التي يجب إتباعها لحماية الماء السطحي من التلوث بالفوسفور :**

- تستخدم الممارسات الضرورية للتحكم في انجراف التربة لخفض الجريان السطحي وفقد التربة .
- يتم إضافة الأسمدة الفسفورية تبعا لاختبارات التربة وتوصيات الأسمدة.
- يؤخذ في الاعتبار محتوى السماد العضوي من الفوسفور عند التسميد الفوسفاتي .
- إضافة الأسمدة الفوسفاتية تكبيشا أسفل سطح التربة .
- خفض كميات الأسمدة العضوية المضافة للأراضي غير المحروثة .
- تفادى التسميد العضوي للأراضي المنحدرة والمشبعة والقريبة من المسطحات المائية .
- زراعة مناطق بمحاذاة المسطحات المائية تعمل كمناطق منظمة لماء الجريان السطحي .




## التسميد وجودة الغذاء

- ❖ تأثير التسميد على جودة الغذاء.
- ❖ جودة الغذاء كدالة لنظام الإنتاج.
- ❖ التسميد وصحة الإنسان.



# التسميد وجودة الغذاء

تسميد المحاصيل والخضروات والفاكهة يجب أن يضمن ليس فقط زيادة المحصول وإنما أيضا جودة هذا المحصول وذلك عن طريق :

(i) تحسين الجودة نتيجة حصول النباتات على احتياجاتها من العناصر الغذائية.

(ii) الحفاظ على جودة المحصول على الرغم من الزيادة الملموسة في المحصول .

وجودة الغذاء تتمتع بتأثير واهتمام كل من المنتج والمستهلك حيث أن المنتج يرغب في إنتاج محصول ذو جودة عالية لضمان البيع بأعلى الأسعار كما أن المستهلك يرغب في شراء منتج ذو قيمة غذائية عالية خالية من المواد الضارة .

وتعتبر المحاصيل ذات القيمة الغذائية العالية ضرورة أساسية لصحة الإنسان والحيوان فنصف الأمراض التى تصيب الإنسان تحدث بطريقة مباشرة أو غير مباشرة نتيجة التغذية غير السليمة ولذلك يجب الاهتمام بجودة الغذاء ومحتواه من العناصر الغذائية .

**تأثير التسميد على جودة الغذاء**

- **مفهوم الجودة**

تنقسم اعتبارات الجودة إلى :

(أ) الجودة التجارية (جودة السوق ) :

وهى عبارة عن جودة المنتج في السوق وتتوقف الجودة التجارية للمحاصيل على الخواص الشكلية للمنتج مثل الشكل الجذاب والرائحة المميزة والطعم الجيد والجودة التخزينية .

(ب)جودة الغذاء

وتعتمد على القيمة الغذائية للمنتج ومحتواه من الطاقة وتزداد القيمة الغذائية للمحاصيل بازدياد محتواها من العناصر الغذائية وقله المواد الضارة بها .

وتتوقف جودة المنتج الزراعي على :

- عوامل وراثية تحدد صفات الجودة الأساسية الخاصة بكل صنف .
- عوامل بيئية قد تؤثر على الصفات الوراثية بالإيجاب والسلب وتشمل المناخ (الضوء ، درجة الحرارة ، .... ) والتربة (المياه – العناصر الغذائية) وبوجه عام فإن مستوى وكيفية إمداد النبات بالعناصر الغذائية من خلال التسميد يلعب دورا أساسيا في جودة المحصول حيث أن التسميد سواء كان عضويا أم معدنيا يعمل على تحسين صفات الجودة وأيضا قد يكون له أثر ضار عليها .

والمشكلة الأساسية بالنسبة لجودة المحصول هي معرفة سبب تحسن صفات الجودة وإلى أى مدى يؤثر زيادة غلة المحصول على صفات جودة المنتج فالاستخدام المفرط للأسمدة أدى إلى انعدام الثقة بين المنتج والمستهلك

والبحث عن إجابات مقنعة للأسئلة التالية :

- هل زيادة المحصول تكون على حساب جودة المحصول ؟
- كيف وإلى أي مدى يؤثر التسميد المعدني على صفات الجودة ؟

وتختلف الآراء بالنسبة للإجابة على الأسئلة السابق طرحها وللحصول على إجابات مقنعة لها يجب أن نعتمد على المنهج العلمي عن طريق إجراء تجارب علمية .

ومن المحتمل أن يكون التسميد بنوعية العضوي والمعدني وسيلة لزيادة الإنتاج وأيضا لتحسين صفات الجودة ومع ذلك فالإضافات غير المقننة للأسمدة وذلك بالنسبة لبعض العناصر على حساب العناصر الأخرى يمكن أن يؤدى إلى نتيجة سيئة بالنسبة لصفات الجودة .

**تكهنات حول صفات الجودة**

تضاربت الآراء حول صفات وأسباب جودة المحصول فالبعض يجزم بأن " كل ما هو طبيعي يكون بالقطع جيد وكل ما هو صناعي أو غير طبيعي يكون بالتبعية سئ " . وتبعا لذلك فإن الغذاء المنتج عن طريق الأسمدة الطبيعية (سماد المزرعة والبلدي والسماد الطبيعي المصنع Compost) يكون جيدا وذو قيمة غذائية عالية بينما الغذاء المنتج عن طريق إضافة أسمدة معدنية مخلفة يكون أقل في الجودة ويلقى هذا الرأي استحسانا لدى الكثيرين وخاصة المستهلكين المرتبطين بكل ما هو طبيعي والرأي الآخر المضاد يجادل بأن ليس كل ما هو طبيعي يكون بالضرورة جيدا . أن حياه الإنسان على هذه الأرض هي عبارة عن سلسلة متصلة من الكفاح لتغيير الطبيعية والتغلب عليها وتحسينها كي يستطيع العيش والدليل على ذلك أن بعض النباتات البرية التى نشأت طبيعيا قد تحتوى على بعض المواد الضارة لصحة الإنسان كما أن بعض النباتات الطبيعية قد لا تحتوى على قيمة غذائية عالية .

ومن النقاط التي تحسب للمدافعين عن التسميد المعدني هو أن الأسمدة المعدنية الفسفورية والبوتاسية على وجه الخصوص تصنع أساسا من مواد طبيعة مثل صخر الفوسفات وأملاح البوتاسيوم المترسبة وعلى ذلك فليس من المتوقع أن يكون لها تأثير سئ على المحصول حيث أنها وقبل كل شئ تعد منتجا طبيعيا .

أما بالنسبة للأسمدة النيتروجينية فالوضع يختلف حيث أن هذه الأسمدة يتم تخليقها صناعيا وكيميائيا وإن كان الإدعاء بتأثيرها السلبي يجب أن يعتمد على تركيبها وليس فقط على كونها طبيعية أم مخلقة .

اختلاف الأسمدة الطبيعية والمخلقة يمكن أن يكمن في تركيب السماد أو العناصر الغذائية التى تحتويها وحتى الأسمدة النيتروجينية المخلقة كليا تحتوى على نيتروجين في صورة صالحة للامتصاص بواسطة النبات (أمونيوم أو نترات) وبالتالي فهي شبيهة تماما للصور الصالحة للامتصاص بواسطة النبات والناتجة من الأسمدة العضوية الطبيعية أيضا . وتبعا للمعلومات المتوفرة لدينا لا يوجد اى اختلاف في التركيب بين النترات المخلق صناعيا والنترات الناتج من السماد العضوي ، ولذلك فيجب علينا تبعا لذلك التركيز فقط على تركيب السماد حيث أن الاختلاف الجوهري بين الأسمدة الطبيعية والمخلقة هو درجة النقاء فالسماد الطبيعي لا يحتوى فقط على نيتروجين وإنما يحتوى أيضا على جميع العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات . وعلى الرغم من ذلك فدرجة نقاء السماد يجب الا يؤخذ حجة ضد الأسمدة المعدنية والإدعاء بأنها لهذا السبب تكون ضارة وإنما يمكن القول ان الإفراط في التسميد بعنصر واحد يمكن أن يكون ذو تأثير سلبي على صفات الجودة من ناحية توازن العناصر الغذائية ومن ناحية أخرى فإن درجة النقاء العالية تعنى إضافة كميات صغيرة من السماد .

## جودة الغذاء كدالة لنظام الإنتاج

بعض صفات الجودة في الغذاء قد ترجع أساسا إلى نظام الإنتاج الزراعي ولذلك فنحن هنا سوف نلقى الضوء على بعض النظم الزراعية ومقارنتها حيث أن هناك من يدعى بأن الزراعة البديلة (العضوية) تنتج مواد غذائية أفضل بالإضافة إلى كونها صديقة للبيئة .

### الزراعة التقليدية والزراعة البديلة

الزراعة التقليدية مازالت هي السائدة في العالم حيث تسود في أكثر من 99% من المزارع بينما الزراعة البديلة تستخدم في حوالي 1% من المزارع فقط والواقع أن كلا النظامين متداخلان مع بعضهما البعض ويحكمهما الدبحية ففي الزراعة التقليدية يتم التركيز على المحصول الأعلى بينما في الزراعة البديلة يتم التركيز على صفات الجودة كمبرر للسعر المرتفع للمنتج والجدول التالي يوضح وسائل الإمداد بالمغذيات وطرق المكافحة وحماية النباتات في نظم الإنتاج المختلفة (جدول 17-1) .

فالزراعة البديلة Alternative Agriculture تعتمد أساسا على مفهوم الإنتاج البيولوجي والطبيعي الذي لا يتأثر بالمواد الكيميائية المخلقة (المصنعة) وتنقسم إلى مجموعتين رئيسيتين :

(أ) الزراعة البيولوجية العضوية :

والمفهوم العام لهذه المجموعة يهدف إلى إنتاج زراعي باستخدام أقصى قدر ممكن من المدخلات الطبيعية ومثال ذلك التركيز على خصوبة التربة من أجل إنتاج ذو صفات جيدة والاستخدام المعتدل للأسمدة الكيميائية .

مع الحرص على عدم إضافة زيادات لها تأثيرها وأيضا تقنين استخدام أى مواد كيميائية في مجال وقاية النبات ويتزعم هذه المجموعة Dr. Muller بسويسرا.

جدول (17-1): طرق الإمداد بالمغذيات ووسائل حماية النبات في نظم الإنتاج المختلفة .

| السماد | الإضافة في نظام الإنتاج الزراعي | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| | زراعة تقليدية | | زراعة بديلة | |
| | زراعة كثيفة بدون استخدام الحيوانات | زراعة متوسطة الكثافة واستخدام الحيوانات | بيولوجية عضوية | بيولوجية ديناميكية |
| أسمدة عضوية | بقايا المحصول | تستخدم | تستخدم | تستخدم |
| سماد N معدني | يستخدم | تستخدم | لا | لا |
| أسمدة K , P مصنعة | تستخدم | تستخدم | تستخدم | لا |
| أسمدة K , P خام | لا تستخدم | أحيانا | باعتدال | لا |
| صخر الفوسفات | لا تستخدم | لا يستخدم | قليلا | باعتدال |
| إضافة الجير | يستخدم | أحيانا | باعتدال | لا |
| منظمات نمو | يستخدم | جزئيا | لا | لا |
| قاتل للحشائش | كيميائي | كيميائي وبيولوجي | كيميائي وبيولوجي | بيولوجي وفيزيائي |
| وقاية النبات | كيميائي | كيميائي | كيميائي وبيولوجي | بيولوجي فقط |

(ب) الزراعة الديناميكية البيولوجية

ويتزعم هذه المجموعة Dr. Steiner بألمانيا الذي يرى وجوب الابتعاد عن استخدام الأسمدة المصنعة نهائيا والإعتماد فقط على الأسمدة العضوية والمكافحة العضوية لوقاية النبات .

والسؤال المطروح الآن هو أي من نظم الإنتاج الزراعي قادر على إنتاج غذاء ذو قيمة وصفات جودة عالية ؟

وللإجابة على هذا السؤال يتطلب تبعا لمنهاج البحث العلمي الصحيح وجود مقاييس جودة ودراسات علمية تقرر بدون تحيز أسباب التوصل إلى هذه المقاييس . ولذلك عند مقارنة نظم الإنتاج الزراعي المختلفة وقدرتها على إنتاج غذاء ذو صفات جودة عالية يجب الأخذ في الاعتبار ما يلى :

- تبعا للمبادئ العلمية المعروفة فأي نظام إنتاج زراعي سواء كان تقليدي أو بديل لا يضمن في حد ذاته إنتاج عالي الجودة ومتميز عن غيرة من إنتاج النظم الأخرى فالجودة على وجه العموم لجميع الأنظمة الزراعية تكون عالية ولكنها تنخفض في بعض الأحيان نتيجة للتغذية غير السليمة .
- الزراعة البديلة لا تمدنا بمنتجات أفضل أو أقل جودة من الزراعة التقليدية ولكن كلا النظامين يتنافسان فيما بينهما لإنتاج غذاء ذو جودة عالية فالإنسان المصاب بمرض الأسقربوط يمكن علاجه إذا تناول فيتامين ج مخلق أو طبيعي .
- لا يوجد أي دليل على أن استخدام احتياطات أو معاملات خاصة يؤدى إلى تحسين صفات الجودة .
- تميز نظام إنتاج زراعي عن غيرة يكمن في الاستخدام الصحيح والمقنن للكيماويات في الانتاج .
- الفحص الكامل للإنتاج النباتي في الحقل مع عمل تشخيص مكثف للإصابات المختلفة وعلاجها في الحقل هو الأمل لتطور الزراعة في المستقبل .

**صفات الجودة كداله للإمداد بالمغذيات**

- كثير من وجهات النظر الخاطئة اعتمدت على نتائج متناقضة لبعض التجارب حيث أظهرت بعض التجارب أن إضافة سماد النيتروجين أدى إلى تحسين صفات الجودة بينما في تجارب أخرى إضافة النيتروجين لم يظهر أي تحسن في صفات الجودة ولذلك فإنه من المستحيل التوصل إلى نتيجة محددة عندما تأخذ في الاعتبار جميع التجارب ونتائجها المتناقضة . فلتقييم تأثير السماد يجب معرفة التغير الذى حدث بالنسبة لحالة العنصر المغذى في النبات والذي تمت إضافته .

- زيادة إمداد العنصر الغذائي من حالة نقص إلى حالة المثالية عادة ما ينتج عنه تحسين في صفات الجودة .
- زيادة إمداد العنصر الغذائي من الحالة المثالية إلى أكثر من ذلك يمكن أن يؤثر سلبا على صفات الجودة .
- زيادة إمداد العنصر الغذائي من الحالة المثالية إلى السمية سوف يؤدى قطعا إلى تدهور صفات الجودة .

**التسميد النيتروجينى والجودة**

يعتبر النيتروجين هو المحرك الرئيسى لإنتاجية المحاصيل كما أنه يؤثر على العديد من صفات الجودة من خلال التأثير على ما يلى :

- محتوى وقيمة البروتين .
- محتوى المواد الهامة الأخرى سواء كانت تحتوى على نيتروجين أو لا.
- محتوى المواد التى تؤثر على صفات الجودة فإمداد النبات بالنيتروجين يؤدى إلى التغيرات التالية :

(أ) زيادة البروتين الخام Crude protein وعلى سبيل المثال يزيد محتوى حبوب القمح من 10-15% إلى حوالي 16-20% .

(ب) زيادة البروتين النقي pure protein .

(ج) زيادة الألبومين Albumen حيث يزيد بزيادة البروتين النقي .

(د ) زيادة الأحماض الأمينية الأساسية .

(هـ) القيمة الحيوية للبروتين عادة تزيد بزيادة التسميد النيتروجيني في حدود الكمية المثلى المضافة ثم يتناقص بعد ذلك بزيادة التسميد النيتروجيني .

- النترات في الأوراق :

يجب ألا يحتوى الغذاء على أكثر من 50 جزء في المليون نترات وذلك لتلافى تحول النترات إلى نيتريت الخطر على صحة الإنسان فالنيتريت يمكن أن يتكون في الأوراق تحت الظروف المختزلة (يمكن أن يحدث ذلك عند تخزين السبانخ في غياب الهواء) ويسبب methomoglobinemia (أكسدة الحديد في هيموجلبين الدم وبالتالى يصبح الدم غير قادر على نقل الأكسجين) .

- يزيد محتوى الكار وتين والكلوروفيل بزيادة التسميد النيتروجيني للوصول إلى الكمية المثلى للسماد .
- زيادة فيتامين $B_1$ (thiamine) في الحبوب .
- ينخفض محتوى فيتامين C وخاصة عند الإفراط في التسميد النيتروجينى .
- يزيد محتوى حمض الأكساليك في أوراق النباتات (ضار بالإنسان) .

ويوضح الشكل التالي التغييرات الهامة التي تحدث في النبات وتؤثر على صفات الجودة نتيجة التسميد النيتروجيني .

| المركبات المحتوية على نيتروجين | الإمداد النيتروجيني للنبات | | |
|---|---|---|---|
| | منخفض | الأمثل | زائد |
| بروتين خام في الأوراق والحبوب | | | |
| الأميدات amides في الأوراق | | | |
| القيمة الحيوية | | | |

وبالنسبة لتأثير التسميد النيتروجيني على جودة النبات فيجب أن يكون معلوما أن الإمداد الأمثل للنيتروجين لمحاصيل الحبوب يزيد من حيوية وإنبات البادرات أما زيادة التسميد النيتروجيني عن الحد الأمثل فقد يؤدى إلى زيادة الإصابة بالفيروسات في المحاصيل التالية كما هو ملاحظ في حالة زراعة البطاطس .

**المركبات الهامة لتقييم صفات الجودة في النبات**

١-النترات : ضروري لتخليق البروتين .

٢- نيتريت : يمكن تكونه تحت ظروف خاصة .

٣- البروتين الخام : وهو مقياس تقريبي للمحتوى البروتيني (البروتين الخام = 6.25 × المحتوى النيتروجيني ) .

٤- البروتين النقي : وينقسم إلى :

| | |
|---|---|
| أ – Prolamine : يذوب في الكحول<br>بَ– glutamine : يذوب في القلوي | بروتين منخفض القيمة |
| ج – اليومين : يذوب في الماء<br>د – globulin : يذوب في المحلول الملحي | بروتين عالي القيمة |

٥- الأحماض الأمينية الأساسية Essential amino acids :

وهى تعد 9-8 أحماض هامة وحيوية للإنسان ويجب أن يحتوى عليها الغذاء وتقدر عن طريق دليل الأحماض الأمينية الأساسية EAA-index . والأجزاء النباتية يجب أن تكون قيمة دليل الأحماض الأمينية الأساسية فيها يتراوح بين 70-50 باعتبار أن قيمة هذا الدليل بالنسبة للبيض هو 100 .

٦- الأميدات amides :

مثل asparagines ، glutamine وهى ذات قيمة تغذوية ضئيلة بالنسبة للإنسان ولكنها أحيانا تكون مواد ذات طعم سئ .

٧- الأمينات amines :

وهى مركبات نيتروجينية تركيزها يكون عادة صغيرا في النبات وبعض الأمينات مثل Choline لها وظائف هامة والبعض الآخر يكون سام مثل Putrescine والأنواع التالية هامة في تقييم صفات الجودة :

- Nitrosamines

بعضها يكون يسبب للسرطان مثل diethylnitrosamine ويمثل خطرا على صحة الإنسان .

- Betaine

٨- المركبات النيتروجينية الحلقية
- كلوروفيل .
- الفيتامينات المحتوية على نيتروجين مثل vitamine B .
- القلويدات alkaloids (نيكوتين في نبات التبغ ، Theobromine في الكاكاو).

**التسميد الفوسفاتى والجودة**

يلعب التسميد الفوسفاتي دورا أساسيا في صفات الجودة نتيجة مشاركة الفوسفور في التفاعلات الحيوية في النبات وتشمل دلائل الجودة الهامة ما يلى :

- المحتوى الفسفوري والمواد الفسفورية الهامة .
- محتوى النبات من المواد الهامة .
- المحتوى من المواد السامة .

**المركبات الفوسفورية الهامة لتقييم صفات الجودة في النبات**

١-الفوسفات غير العضوي : تدمص أنيونات الفوسفات وتخزن جزئيا .

٢- استر حمض الفوسفوريك :

إرتباط آنيونات الفوسفور مثل إرتباط مجموعة phosphoryl ( $-H_2PO_3$) بالجزيئات العضوية (R) والرمز العام لها $R\text{-}O\text{-}H_2PO_3$ .

٣- الفيتين phytin :

تخزين صورة الفوسفات في صورة عضوية: أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم لحمض phytinic .

٤- phosphatides :

مثل الفوسفوليبدات والتي تعتبر مكون هام لغشاء الخلايا .

٥- phosphoproteids :

ناتج أرتباط البروتين والفوسفات .

٦- Nucleoproteids

الإنزيمات المحتوية على P وهى مركبات هامة لتخليق الخلايا .

تتأثر صحة النبات وجودة صفاته بالتسميد الفسفوري فإضافة كميات من السماد الفوسفاتى لتلافى أعراض النقص والوصول إلى الإمداد المثالى للفوسفور يؤدى على حدوث التغيرات التالية في محتوى النبات من الفوسفور والمركبات الفوسفاتية :

أ ) يزداد المحتوى الكلى من الفوسفور في النبات ويعتبر محتوى الأعلاف من الفوسفور هام جدا ويعد أحد صفات الجودة لها حيث يعد الفوسفور هام جدا لخصوبة الأبقار .

ب) يزداد محتوى الفوسفور غير العضوى في أجزاء النبات الخضراء ويزداد أيضا الفيتين phytine .

ج ) يزداد محتوى البروتين الخام في أجزاء النبات الخضراء .

د ) يزداد محتوى السنابل من الأحماض الأمينية الأساسية .

هـ) يزداد الكربوهيدرات وبعض الفيتامينات مثل فيتامين $B_1$ .

و ) يقل محتوى الأوراق من حمض الأكساليك .

**التسميد البوتاسى وصفات الجودة**

يعتبر محتوى اجزاء النبات المأكوله من الفوسفور والنيتروجين من صفات الجودة الهامة لهذه النباتات أما بالنسبة لمحتوى النبات من البوتاسيوم فالأمر يختلف حيث أن النباتات عادة تحتوى كميات من البوتاسيوم أكثر مما يحتاجة الإنسان أو الحيوان ولذلك فإن محتوى النبات من البوتاسيوم لا يعد من صفات الجودة .

وإمتصاص النبات لجرعات كبيرة من البوتاسيوم يؤدى إلى خفض محتوى النبات من الكالسيوم والصوديوم والمغنسيوم ويؤثر البوتاسيوم بدرجة كبيرة على النشاط الإنزيمى من خلال تنظيم سعه الإمتلاء في الخلية

swelling capacity وبالتالى يؤثر على التفاعلات الحيوية وصفات الجودة للأغذية النباتية وزيادة الإمداد البوتاسى للنبات في حدود الكميات المثلى يؤدى إلى حدوث التغيرات التالية في النبات :

أ ) زيادة محتوى النبات من الكربوهيدرات نتيجة التمثيل الضوئى المكثف ويؤدى ذلك إلى زيادة السكريات والنشا والسليلوز وفيتامين C .

ب) يقل محتوى النبات من البروتين الخام حيث يؤدى زيادة الكربوهيدرات إلى إنخفاض تركيز البروتين كما يقل أيضا الكلوروفيل .

ج ) يزيد محتوى النبات من الفيتامينات مثل الكاروتين (الشكل الأولى لفيتامين A ، فيتامين $B_1$ ، وفيتامين C ) .

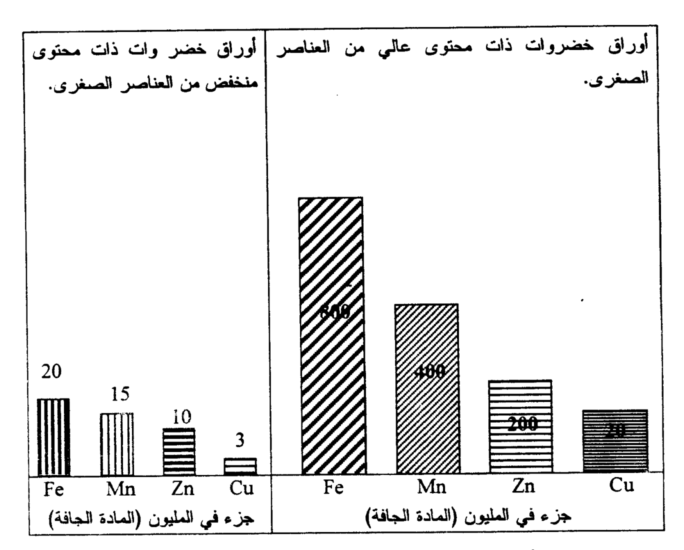
د ) يقل محتوى النبات من حمض الأكساليك .

هـ) تقل ظاهرة إسوداد البطاطس الناتجة عن تكون الميلانين والتى تحدث عند وجود نقص في البوتاسيوم وبذلك فإن الإمداد بالبوتاسيوم له تاثير مفيد على منع حدوث البقع السوداء عند طهى البطاطس .

**التسميد بالعناصر الصغرى وصفات الجودة**

يؤدى نقص العناصر الصغرى في النبات إلى فشل العمليات الحيوية الهامة في النبات وبالتالى تتأثر صفات الجودة للأغذية النباتية سلبا فصفات الجودة العالية لا يتم التوصل إليها في النبات إلا في وجود إمداد كاف من العناصر الصغرى حيث تزيد محتوى النبات من المواد الهامة بزيادة الإمداد من العناصر الصغرى حتى المستوى الأمثل فتتحسن صفات البروتين ويزيد المحتوى من الأحماض الأمينية الأساسية ويقل المحتوى من الأميدات .

ويختلف محتوى النباتات من العناصر الصغرى وخاصة في الأجزاء الخضرية للنباتات ويوضح الشكل التالى مدى الإختلاف في تركيز العناصر الصغرى في أوراق الخضروات .




- محتوى الأوراق الخضراء من الحديد (مثال السبانخ) يعتبر مصدر هام للحديد بالنسبة للإنسان ومع ذلك فمحتوى النبات من الحديد يختلف بدرجة كبيرة تبعا لظروف التربة ولذلك فدرجة حموضة التربة تعتبر أهم من التسميد نفسة .
- محتوى الغذاء والأعلاف من المنجنيز تعتبر من صفات الجودة الهامة وزيادة الإمداد بعنصر المنجنيز للنبات للحد الأمثل يزيد محتوى النبات من بعض الفيتامينات مثل الكار وتين وفيتامين C .
- التسميد بالنحاس يزيد محتوى النباتات من النحاس والذى يعتبر هام في محاصيل الأعلاف والتسميد الأمثل بالنحاس يؤدى إلى رفع محتوى البروتين وصفات الجودة كما أن نقص عنصر النحاس يؤدى إلى ظاهرة

التبقع في ثمار بعض أنواع الفاكهة .

- التسميد بالزنك يزيد محتوى النبات من الزنك مع مراعاه أن الإفراط في التسميد بالزنك قد يؤدى إلى زيادة كبيرة في محتوى النبات من الزنك وقد يصل على حد السمية ويعتبر محتوى الزنك أيضا من صفات الجودة الهامة.
- التسميد بالبورون إلى الحد الأمثل يعمل على رفع محتوى السكر وتتحسن الصفات التسوقية بدرجة كبيرة للفاكهة والخضروات حيث أن نقص البورون يؤدى إلى ظهور بقع وخطوط سواء في الثمار مما يؤثر سلبا على قيمتها التسويقية .
- التسميد بالموليبدينوم إلى الحد الأمثل يرفع محتوى البروتين في النبات ويحسن من الصفات ويجب التنوية هنا أن نقص الإمداد لأى عنصر يؤثر على السلسلة الغذائية (أراض – نبات – إنسان) وعلى سبيل المثال فبعض أراضى نيوزيلاند فقيرة في الموليبدينوم ولذلك فإن النباتات النامية فيها تحتوى على قدر ضئيل من الموليبدنيوم الهام من أجل صحة الأسنان .

**التسميد وجودة الغذاء وصحــة الإنسان والحيوان**

توجد علاقة وثيقة بين مفردات السلسلة الغذائية (التربة – النبات – الحيوان – الإنسان) ولذلك فتناول الأنسان الأغذية ذات القيمة التغذوية العالية والكاملة يعتبر ضرورة لصحة الإنسان وذلك ينطبق أيضا على الحيوان .

ولذلك فالمطلوب وضع معايير مقبولة لتقويم تأثير إضافات الأنواع المختلفة من الأسمدة على صحة الإنسان والحيوان وتشمل :

- تحديد محتويات الأغذية من المغذيات وتأثير غياب هذه المغذيات على الصحة .

- تقويم الغذاء طبقا لمعايير طبية .

**الغذاء وما يحتويه من المواد ذات القيمة الغذائية العالية**

تقويم جودة الغذاء على أساس محتوى الغذاء من المواد ذات القيمة الغذائية العالية هو ضرورة ملحة ومطلوبة ولكن لكى تكتمل عملية التقويم يجب أيضا معرفة المواد الضارة والمفيدة للإنسان وتقويمها والمواد ذات القيمة الغذائية العالية تشمل :

١- **البروتين** وخاصة الأحماض الأمينية وحاليا في الدول المتقدمة نجد الإمداد بالبروتين يعتبر كافى نتيجة وفرة الغذاء ومع ذلك نقص البروتين في الأطفال يعتبر شائع في الدول النامية وقد يعزى سبب ذلك إلى عدم كفاية كميات البروتين التى يتناولها الأطفال في هذه الدول وعدم جودتها ولذلك فإن التسميد النيتروجينى قد يحسن من جودة البروتين ويقضى على أعراض نقص البروتين .

٢- **الفيتامينات** ويعد الإمداد بالفيتامينات كاف في الدول المتقدمة وغير كاف في الدول النامية ويشمل :

- **فيتامين A** وينتج في النبات فقط كمرحلة إبتدائية (كاروتين) ويتواجد أساسا في الأوراق الخضراء والجزر وغيرها ويمكن زيادة محتوى النبات من الكاروتين عن طريق التسميد المناسب .
- **فيتامين B** (ثيامين) وهو يعمل في النبات كإنزيم مصاحب ويتواجد في أجنة الحبوب (القمح والشوفان) ويزداد الفيتامين في النبات بزيادة معدل التسميد النيتروجينى وإن كانت المشكلة الرئيسية في الإمداد فيتامين B ليس عدم كفايتة في الأغذية ولكن في عمليات تكرير الأغذية ( Food refining) حيث أن الفيتامين يتواجد في الحبوب فقط عند إستخدامها

كاملة لعمل الخبز كما أن الخبز المصنوع من الدقيق الأبيض الفاخر لا يحتوى مطلقا على فيتامين $B_1$ .

- **فيتامين C** ويتواجد أساسا في الأوراق والثمار الطازجة ويمكن زيادة محتوى النبات من هذا الفيتامين عن طريق التسميد الأمثل وإن كان نقص هذا العنصر في الإنسان لا يرجع إلى عدم توفرة في النبات وإنما إلى العادات الغذائية الاستهلاكية السيئة .

**العناصر الغذائية الضرورية للإنسان**

أ – يحتاج الإنسان إلى حوالى 50 مادة ضرورية يجب تناولها مع الغذاء بالإضافة إلى ناقلات الطاقة (النشا والسكر) .

- 9 أحماض أمينية أساسية (مكونات البروتين): leucine , thronine , iso-leucine , lysine , valine , histidine , methionine , phenylalanine , tryptophane (للأطفال فقط) ويحتاج الإنسان يوميا إلى حوالى 1 جم بروتين لكل كجم وزن .
- 3 أحماض دهنية أساسية وهى حمض linoleic حمض linolenic وحمض arachidonic ويحتاج الإنسان يوميا على حوالى 7 جرام .
- 15 فيتامينات وخاصة : K, E, D, A والفيتامينات الذائبة في الماء مثل $B_1$ , $B_2$ مركب (أربع فيتامينات) $B_6$, $B_{12}$, C (حمض اسكوربيك) ,H
- 20 عنصرا غذائيا أملاح معدنية .

ب– مواد مفيدة للإنسان مثل :

- مواد عطرية (مواد خاصة بالطعم والرائحة) .
- سيليلوز .
- مواد نشطة مثل المواد المقاومة antibodies .

جدول (17-2): العناصر الغذائية الضرورية (بالإضافة إلى S,N) والاحتياجات اليومية للإنسان البالغ وتأثير النقص .

| العنصر | الإحتياجات اليومية | أعراض النقص في الإنسان والحيوان |
|---|---|---|
| فوسفور (P) | 1.5 جرام | خلل في تكوين العظام |
| كلوريد (Cl) | 7-15 جرام | اختلال في وظائف الكلى |
| صوديوم (Na) | 7-15 جرام | |
| بوتاسيوم (K) | 2 جرام | ضعف النمو والخصوبة |
| كالسيوم (Ca) | 0.8 جرام | إختلال في كثافة العظام والعضلات |
| مغنسيوم (Mg) | 0.3 جرام | اختلال في الاعصاب واضطراب في النوم – يؤثر هلى الدرورة الدموية |
| حديد (Fe) | 10 مليجرام | انيميا |
| زنك (Zn) | 10 مليجرام | ضعف النمو وعدم التئام الجروح |
| منجنيز (Mn) | 2 مليجرام | ضعف في النمو والخصوبة وتشوهات عظيمية |
| نحاس (Cu) | 2 مليجرام | انيميا – تشوهات في العظام – ضعف خصوبة تمزق الأوعية الدموية |
| كوبالت (Co) | 0.2 مليجرام | مكون لفيتامين $B_{12}$ |
| سيلينوم (Se) | 0.2 مليجرام | Necrosis في الكبد |
| كروم (Cr) | 0.2 مليجرام | ضعف نمو |
| موليبدنيوم (Mo) | 0.2 مليجرام | ضعف نمو |
| قصدير (Sn) | 0.2 مليجرام | Caries |
| فاناديوم (V) | 0.2 مليجرام | Caries |
| فلور | 1 مليجرام | Caries |

٣- **المعادن** لا يوجد الأن معلومات كافية عن الكميات التى يحتاجها الإنسان من المعادن فأغلب المعلومات المتوفرة عن إحتياجات الإنسان وتأثيرها على

الوظائف الحيوية مشتقاه من الدراسات الخاصة بتغذية الحيوان (جدول 3- 17) .

٤- **المضادات الحيوية** وتعتبر من المواد الهامة جدا التى يحتويها الغذاء وذات فائدة كبيرة للإنسان وهذه المواد يتم إنتاجها بواسطة بعض الفطريات في الأراضى الخصبة وتشمل ما يلى :

5 جزء في المليون ستريتوميين streptomycin ، 0.1 جزء في المليون terramycin ، 0.02 جزء في المليون aureomycin . وهذه المضادات الحيوية يتم إمتصاصها بواسطة النبات وتوجد تركيزات منخفضة في الأوراق وغالبا ما تكون وسيلة لحماية النبات من بعض الأمراض . وهذه المقاومة الطبيعية في النبات (الإنسان والحيوان) تعتبر غاية في الأهمية ولكنها تحتاج إلى دراسات كثيرة للوصول إلى نتائج محددة ومؤكدة والتسميد العضوى والمعدنى الصحيح يمكن أن يؤدى إلى زيادة نمو الطحالب المنتجة لهذه المواد وبالتالى زيادة المضادات الحيوية في النبات .

**تقويم الغذاء طبيا**

يمكن تقويم تأثير جودة بعض الأغذية على صحة المستهلك عن طريق دراسة بعض الدلائل الطبيه مثل (معدل النمو ، التقويم ، المقارمة للأمراض ) وهذا يقتضى إجراء تجارب تغذوية وهذه التجارب يجب أن تجرى بحيث أن الغذاء المنتج تحت ظروف تسميد مختلفة يجب أن يتناوله الإنسان تحت الإختبار ودراسة تأثير ذلك على صحتهم . ولقد تم إجراء القليل جدا من التجارب لمقارنه تأثير التسميد العضوى ، المعدنى وكانت النتائج المتحصل عليها كما يلى :

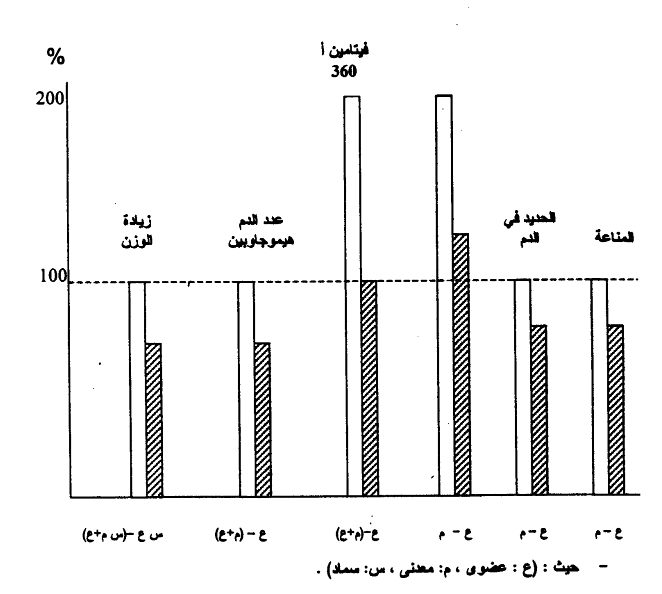
- الغذاء المنتج باستخدام أسمدة معدنية لم يؤثر سلبا على الفئران بأى صورة وبالتالى لا يوجد أى إثبات.في هذه التجربة طويلة الأمد على أن جودة الغذاء تأثرت بالتسميد المعدنى .

- زاد وزن الأطفال وتحسنت صفات الدم ودرجة مقاومتهم للأمراض عند تغذيتهم بخضروات مسمدة معدنيا (شكل 17-3 ) . وبالتالى فإن كل من التجربتين وضحتا أن التسميد المعدنى حسن من صفات جودة الغذاء .

ولعل من التجارب المفيدة في هذا الشأن هى تجارب المزارع المائية وفيها يتم مقارنة النباتات النامية في بيئة مخلقة صناعيا ونظريا توجد نوعين من الاحتمالات في مثل هذه التجارب .

- أن التسميد المعدنى ليس له أى تأثير ضار على النباتات النامية في المزارع المائية وبالتالى فإن هذا التسميد لن يكون ضارا للنباتات النامية في التربة .
- النباتات النامية في المزارع المائية قد تعانى من نقص في بعض العناصر التى بدورها قد تؤثر على جودة الغذاء وهذا قد يتم تعويضة في حاله النباتات النامية في التربة .

وبوجة عام فيمكن تلخيص نتائج التجارب التى أجريت في الماضى فيما يلى " أن التسميد المعدنى يبدو متفوقا على التسميد العضوى وأن كل من التسميد العضوى والمعدنى فيهما تأثير متساوى على جودة الغذاء (النباتى)" .




- حيث : (ع : عضوى ، م: معدنى ، س: سماد) .

**شكل (17-3): تأثير التسميد العضوى والمعدنى على جودة النبات المستخدمة في تغذية الأطفال .**

**التسميد والغذاء الصحى Correct Fertilization of thealbty**

مر التسميد بمراحل تقويمية عديدة تتأرجح ما بين القبول والرفض وبوجه عام فلا يمكن أن نتصور الزراعة بدون التسميد وذلك لما له من أثر كبير في زيادة الإنتاج الضرورى لمواكبة الزيادة السكانية طالما أن زيادة الإنتاج لا تتم على حساب الجودة . والرفض العام للتسميد الكيميائى في الزراعة ليس له ما يبررة فإستخدام الأسمدة الكيميائية او غير البيولوجية لا يعنى أن هذه الأسمدة سامة فالكثير من المواد الطبيعية قد تكون سامة . فالأسمدة العضوية التى تعتبر

طبيعية وغير ضارة قد تحتوى مواد ضارة وذلك على الرغم من أن أغلب محتويات هذه الأسمدة تتحلل . أيضاً الأسمدة المعدنية تعد غير سامة وهى تعمل على امداد النبات بالعناصر الغذائية الضرورية لنموه مثلها مثل الأسمدة العضوية .

والزراعة البديلة لا يمكن الحكم عليها فقط من وجة نظر التسميد العضوى في حد ذاته ولكن فيما تنتجه هذه الزراعة بالمقارنة بالإنتاج الناتج من التسميد المعدنى والحقيقة أن الشئ الهام هو الأستخدام الصحيح للأسمدة سواء كانت عضوية أم معدنية والذى يعد العامل المحدد لصفات الجودة .

القول الشائع بأن الزراعة تعد "حارس الصحة" هو قول صحيح إلى حد كبير لأن جودة الغذاء هى أساس صحة الإنسان والحيوان وبالتالى إنتاج الغذاء الجيد يعتمد على الاستخدام الصحيح لوسائل الإنتاج وبالذات الأسمدة وحتى اليوم يوجد قصور في المعلومات عن إنتاج الغذاء الجيد وعلى العلم أن يحسم هذه القضية عن طريق التجارب المحايدة والعمل الدؤوب . ولقد كتب ليبج Liebig مقولته الشهيرة والصحيحة التالية :

**" بدون إكتساب المعلومات عن القوانين والظواهر الطبيعية فإن العقل البشرى سوف يفشل حتما في محاولته لتصور عظمة وحكمة الخالق . فأى صورة يرسمها العقل البشرى مهما كانت براعته في تجسيد الأشياء وتخيلها سوف تكون مثلها مثل فقاعات الصابون الخاوية مقارنة بالحقيقة المجردة " .**

الخلاصـــــة

١- جودة الإنتاج النباتى تتوقف على العديد من العوامل من بينها الإمداد الأمثل لكل متطلبات النمو والعناصر المعدنية تمثل المركز الرئيسى في هذه المتطلبات لأن الأراضى الطبيعية تعجز أحيانا على إمداد النبات بهذه المتطلبات بكميات كافية .

٢- الفجوة في متطلبات النمو بين ما يمكن أن يحصل عليه النبات من الطبيعة (التربة) وبين إحتياجاته يجب سدها عن طريق إستخدام الأسمدة حيث أن النبات النامى نموا جيدا هو الوحيد القادر على إعطاء إنتاج ذو صفات جيدة.

٣- النباتات النامية في مواقع بدون إضافة اسمدة تحتوى على محتويات مختلفة (جيدة وأحيانا ضارة) ويجب تقويم هذه المحتويات من ناحية القيمة الغذائية وهذا بالطبع يرجع إلى عدم حصول النباتات على إحتاجاتها من التربة .

٤- جودة الغذاء هو مفهوم معقد يعتمد أساسا على ما يحتوية الغذاء من مواد ذات قيمة عالية لصحة الإنسان ومن الناحية العملية فإنة من المستحيل تحسين صفات جميع المحتويات في وقت واحد باستخدام طريقة واحدة وإنما تحسين الجودة دائما يعنى تحسين بعض المكونات المرغوب فيها .

٥- أى تسميد يعمل على تحسين إمداد النبات بالمغذيات (تحسين إمداد النبات بالعناصر الغذائية من نقص عناصر إلى إمداد أمثل) يؤدى إلى رفع محتوى الغذاء النباتى من المواد عالية القيمة الغذائية وزيادة تركيزها في النبات (%) ولكن فى نفس الوقت قد يكون التركيز منخفض نتيجة زيادة المحصول (تأثير التخفيف) وهو أمر من الصعب تلافية ويمكن حدوثة باستخدام أى نوع من السماد .

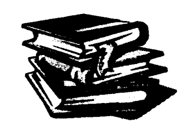
٦- الإفراط في التسميد قد يعمل على خفض جودة الغذاء وقد يسبب تراكم بعض المواد السامة ويمكن تلافى ذلك بالزراعة في الأراضى الخصبة حيث أن هذه الأراضى تعمل على تنظيم الإمداد باحتياجات النبات وتنظيم استخدام تركيز العناصر الذائدة عن حاجة النبات .

٧- نوعية السماد (عضوى أو معدنى) من ناحية المبدأ يعتبر غير هام بالنسبة لجودة الغذاء النباتى فالنبات ينمو جيدا عندما يحصل على احتياجاته سواء

من مصدر عضوى أو معدني .

٨- بدون التسميد سوف يعانى الإنسان من الأمراض الناشئة عن بعض العناصر كما أن التسمم قد يحدث أيضا لأن التسميد يعمل على تثبيط السموم الطبيعية natural toxins .

٩- الحصول على اعلى قيمة غذائية للمنتج هو هدف مثالى يمكن التوصل إليه جزئيا فقط وذلك لنقص المعلومات عن عوامل نمو النبات وحتى الوصول إلى معلومات كاملة لا يمكن ترجمه عمليا ما يحدث في معقد التربة ببساطة عن طريق إضافة الأسمدة .



# المراجـــــع


1- Adams, F. (1971). Ionic Concentration and Activities in the Soil Solution. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 420 - 426.

2- Aiken, G.R., McKnight, D. M., and Wershaw, R.L., eds. (1985). " Humic Substances in Soil Sediments, and Water." Wiley ( Interscience), New York.

3- Alexander, M. ed. (1982). Soil Microbiology. John Wiley & Sons, New York.

4- Barber, S.A. 1984. Soil Nutrient Availability John Wiley & Sons, New York.

5- Bolan, N.S., D.R. Scotter, and R.W. T. llman. 1986. the effect of adsorption on sulfate leaching Soil Sci. Am. J. 50: 1419-1424.

6- Buffle, J. (1984). Natural organic matter and metal-organic interactions in aquatic systems. *In* "Metal Ions in Biological Systems" (H. Sigel, ed.), pp. 165-221. Dekker, New York.

7- Buffle, J., and Stumm, W. (1994). General chemistry of aquatic systems.*In* "Chemical and Biological Regulation of Aquatic Systems" (J. Buffle and R.R. DeVitre, eds.), pp. 1-42. CRC Press, Boca Raton, FL.

8- Cheng, H.H., ed.(1990). " Pesticides in the Soil Environment: Processes, Impacts, and Modeling," SSSA Book Ser., No. 2. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI.

9- Christians, N.E., D.P. Martin and K.J. Karnok. 1981. The interrelationahip anmong nutrient elements applied to Calcarens Sand soils Agron. J. 73: 929-933.

10- Christman, R. F., and Gjessing, E.T., eds. (1983). " Aquatic and Terrestrial Humic Materials," Ann Arbor Sci., Ann Arbor, MI.

11- Cranwell, P.A., and Haworth, R.D. (1975). The chemical nature of humic acids. In Humic Substances, Their structure and function in the Biosphere, D. Povoledo and Golterman, H. eds. Centre for Agric. Publ. and Documentation, Wageningen.

12- Cresser, M., Killham, K., and Edwards, T., eds. (1993). " Soil Chemistry and its applications. Cambridge Univ. Press.

13- Dean, L.A. and E.J. Rubins (1947). Anion Exchange in Soils. Soil Sci. 63: 377 - 406.

14- Elkhatib, E.A.; J.L. Hern and T.E. Staley (1987). A rapid centrifugation Method for Obtaining Soil Solution. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 578 - 583.

15- Elkhatib, E.A.; O.L. Bennett. and V.C. Baligar (1986). A centrifuge Method for obtaining Soil Solution using an immisible liquid. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 297 - 299.

16- Fink, A., 1982. Fertilizers and Fertilizatrion. Introduction and practical guide to crop fertilization. Verlag chemie. Weinheim. Bael.

17- Foth, H.D. (1990). Fundamental of Soil Sciences. John Wiley & Sons Inc. New York.

18- Greenland, D.L. (1971). Interactions between humic and fulvic acids and clays. *Soil Sci.* 111, 34 - 41.

19- Grove, J. H. and M. E. Sumner. 1985. Lime induced magresium stress in Corn : Impact of magnesium and phosphorus availability. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 1192-1196.

20- Gupta, U.C. and J.A. Macleod. 1984. Effect of various sources of sulfur on yield and sulfur concentratrion of cereals and forages. Can. J. Soil Sci. 64: 403-409.

21- Haron, K. and R. Hahsgn 1988. sulfur supplying capacity of some Missouri Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 1657-1660.

22- Harter, R.D. (1983). Effect of Soil pH on Adsorption of Lead, Copper, Zine and Nickel. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 47 - 51.

23- Hendershot, W.H. and L.W. Lavkulich. (1983). Effect of Sesquioxide Coationgs on Surface Charge of Standard Mineral and Soil Samples. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 1252 - 1260.

24- Jones, J.A. (1989). Environmental Influences on Soil Chemistry in Cerntral Semiarid Tanzania. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 1746 - 1578.

25- Kidambi, S.P., A.G. Matchis, and T.P. Bolger. 1990. Mineral Concenetrations in alfalfa and Sainfoin as influenced by Soil moistune level. Agron J. 82: 229-236.

26- Kirlew, P.W. and D.R. Bouldin (1987). Chemical Properties of the Rhizosphese in an acid Subsoil. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 128 - 132.

27- Kubota, Joe. 1981. How Soils and climate affect grass

retany?. Crops Soils 33: 15-17.

28- Lindsay, W.L. (1979). Chemical Equilibria in Soils. Wiley, New York.

29- Miller, W.R. and R.L. Donahue (1990). Soils. An: Introduction to Soils and Plant Growth. Prentice-Hall International, Inc. N. J.

30- Moore, P.A., and W.H. Patrick. 1989. Calcium and magnesium availability and uptake by rice in acid sulfate soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 816-822.

31- Norvell, W.A., H. Dabkwoska-Naskret, and E.E. Cary 1987. Effect of phosphorus and Zn fertilization on the solubility of $Zn^{2+}$ in two alkaline Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 584-588.

32- O'Leary, M.J. and G.W. Rehm. 1990. Nitrogen and sulfur effects on the yield and Quality of Corn grown for grain and silage. J. Prod. Agric. 3: 135-140.

33- Ohki, K. 1975. Mn and Beffects on micronutrients and P in cotton. Agron. J. 67: 204-207.

34- Omaliko, C.P.E. 1984. Herbage yield and Quality of filegrass as influenced by N, P, and K fertilizer appilcations. Agron. J. 76: 201-203.

35- Spoisito, Garrison and C.S. LeVesque (1985). Sodium - Calcium - Magnesium Exchange on Silver Hill Illite. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 1153 - 1159.

36- Troeh, F.R. and L.M. Thompson. 1993. Soils and Soil Fertility. Oxford University Press. Oxfond. NY.

37- Ware, G.O., K. Ohki, and L.C. Moon. 1982. the

Mitscherlich plant growth model for determining critical nutrieat deficiency levels. Agron. J. 74: 88-91.

38- Westerman, D.T., and C.W. Robbins. 1974. Effect of $So_4$. S fertilization on Se Concentration of Alfalafa. Agron. J. 66: 207-708.

39- White, R.E. (1987). Introduction to the Principles and Practices of Soil Science. Blackwell Scientific Publication, Oxford.

40- Wolt, J. (1994). Soil Solution Chemistry. Wiley, New York.

**المراجع العربية**

١- السيد الخطيب ١٩٩٨. الكيمياء البيئية للأراضى . منشأة المعارف الإسكندرية

٢- السيد الخطيب ٢٠٠٣. استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة معايير ومحاذير. المكتبة المصرية الإسكندرية.

٣- السيد الخطيب ٢٠٠٤. أساسيات علم الأراضى. المكتبة العربية الإسكندرية.

٤- إبراهيم السكرى، محمود الحلفاوى، السيد الخطيب، أحمد جلال ثابت، أحمد قالوش. ١٩٩٢. أساسيات خصوبة الأراضى وتغذية النبات. مركز الشنهابى للطباعة. للإسكندرية.

٥- أحمد جلال ثابت ١٩٩١. محاضرات فى العلاقات الكمية بين النبات والعناصر الغذائية.

٦- عبد المنعم بلبع ١٩٩٨. الأسمدة والتسميد منشأة المعارف الأسكندرية.